



**PEDRO DANIEL
RODRIGUES LOPES**

**DESENHO DE UM SISTEMA DE KITTING: CASO
PRÁTICO NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL**



**PEDRO DANIEL
RODRIGUES LOPES**

**DESENHO DE UM SISTEMA DE KITTING: CASO
PRÁTICO NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL**

Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira, Professor auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho a tua toda a minha família, pela oportunidade e confiança

o júri

Prof. Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Cristóvão Silva
professor auxiliar da Universidade de Coimbra

Prof. Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira
Professor auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos os colegas e professores pelo apoio na realização deste projeto, especialmente aos orientadores Dr. Luís Ferreira e Dr. Rui Nascimento pela orientação e por todo o processo de acompanhamento durante a realização deste projeto.

palavras-chave

Desenho de sistemas de kitting, abastecimento de materiais, indústria automóvel, sistemas de picking

resumo

Este projeto propõe-se a apresentar um caso prático de desenho de um sistema de kitting, como método de abastecimento a uma linha de montagem. O presente trabalho foi desenvolvido com uma componente teórica e uma componente prática de estágio numa empresa do sector automóvel em Portugal. É composto por uma revisão da literatura sobre métodos de abastecimento e sistemas de kitting, uma apresentação da empresa e do projeto e uma análise prática de desenho de sistemas de kitting. Por último, são apresentados os resultados da análise e conclusões acerca de todo o projeto.

keywords

Kitting systems design, materials feeding, automobile industry, picking systems

abstract

This project purposes to present an application of kitting, as materials feeding system for an assembly line. The present work was developed with a theoretical component and a practical application with an internship within an automobile facility in Portugal. Its composition starts with a literature review about materials feeding systems and kitting systems, a presentation of the company and the project, and a practical analysis of kitting systems design. Finally, results and conclusions are presented.

Índice

1. Introdução.....	12
2. Revisão da Literatura.....	12
2.1 Métodos de Abastecimento	13
2.2 Kitting	16
2.2.1 Vantagens	20
2.2.2 Limitações	21
2.2.3 Resultados Quantitativos.....	22
2.3 Conclusões.....	26
3. O grupo PSA Peugeot Citroen	27
3.1 Apresentação / História	27
3.2 Complexo Produtivo de Mangualde	28
3.2.1 Processo produtivo	29
3.2.1.1 Logística.....	31
3.3 Experiência PSA Peugeot Citroen	36
3.3.1 Referencial Kitting PSA.....	36
3.3.2 Experiência de SevelNord.....	37
4. O Projeto Kitting	40
4.1 Introdução.....	40
4.2 Objectivos.....	40
4.3 Definições	41
4.3.1 A linha de Montagem.....	41
4.3.2 Localização do processo de kitting.....	42
4.3.3 O processo de picking.....	43
4.4 Planeamento	43
5. Aplicação	45
5.1 Análise dos componentes	45
5.2 Zona Kitting	49
5.2.1 Localização do processo de kitting.....	49
5.2.2 Layout da zona kitting.....	52
5.2.3 Recursos humanos zona kitting.....	53
5.3 Distribuição	58
5.4 Desenho dos kits	61
6. Conclusões	62
7. Referências bibliográficas.....	64

Índice de Figuras

Figura 1 - Impacto de diferentes métodos de abastecimentos na apresentação de peças no bordo de linha (Limère, 2012)	14
Figura 2 - Palete para o posto de trabalho (Battini, 2009)	15
Figura 3 - Trolley para o posto de trabalho (Battini, 2009)	15
Figura 4 - Kit para o posto de trabalho (Battini, 2009)	15
Figura 5 - Kit Estacionário (Carlsson & Hensvold, 2008)	16
Figura 6 - Kit Viajante (Carlsson & Hensvold, 2008)	16
Figura 7 - Kitting com zona de picking centralizada (Carlsson & Hensvold, 2008)	17
Figura 8 - Kitting com zona de picking descentralizada (Carlsson & Hensvold, 2008)	17
Figura 9 - Efeitos de novos métodos de abastecimento na linha de montagem (Carlsson & Hensvold, 2008)	19
Figura 10 - Complexo Produtivo de Mangualde (1977)	28
Figura 11 - Complexo Produtivo de Mangualde (2012)	28
Figura 12 - Citroen Berlingo	29
Figura 13 - Peugeot Partner	29
Figura 14 - Ferragem	29
Figura 15 - Pintura	29
Figura 16 - Montagem	30
Figura 17 - Qualidade	30
Figura 18 - Unidade Técnica do Centro	31
Figura 19 - Supermercado Homogéneo	32
Figura 20 - Supermercado Heterogéneo	32
Figura 21 - Circuitos de comboios logísticos	34
Figura 22 - Transporte de bases rolantes	34
Figura 23 - Transporte de estruturas de síncronos	35
Figura 24 - Exemplo Kit	37
Figura 25 - Kanban Central Visserie SevelNord	38
Figura 26 - Servante móvel SevelNord	38
Figura 27 - Display pick-to-light SevelNord	39
Figura 28 - Testemunhos luminosos pick-to-light SevelNord	39
Figura 29 - Zonas de kitting	42
Figura 30 - Planeamento projeto kitting	43
Figura 31 - Fluxograma filtragem componentes referencial interno	45
Figura 32 - Layout de referencia	49
Figura 33 - Estrutura Kanbans Supermercado	50
Figura 34 - Layout zona kitting Sevelnord	52
Figura 35 - Layout zona kitting	53
Figura 36 - Comparativo Sistemas de picking	54
Figura 37 - Formulário registo de medições	55
Figura 38 - Obstáculos Distribuição	59
Figura 39 - Esquema Circuito 1	59
Figura 40 - Esquema Circuito 2	59
Figura 41 - Esquema Circuito 3	60

Figura 42 - Protótipos kits.....	61
Figura 43 - Protótipo kit esquerdo (frente).....	61
Figura 44 - Cesto posto HC14.....	61
Figura 45 - Gaveta postos HC07-HC10	61
Figura 46 - Gaveta posto HC03.....	61
Figura 47 - Cesto posto HC06.....	61
Figura 48 - Dependência das fases do desenho de um sistema de kitting.....	62

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Classificação dos casos de estudo (Brynzer & Johansson, 1995).....	22
Tabela 2 - Distribuição do tempo de um operador de picking (Brynzer & Johansson, 1995).....	22
Tabela 3 - Principais resultados do caso de estudo (Brynzer & Johansson, 1995).....	23
Tabela 4 - Resultado dos conjuntos de dados de entrada (Limère, 2011)	24
Tabela 5 - Resultados ponderados do modelo (Limère, 2011).....	25
Tabela 6 - Distribuição dos centros PSA	27
Tabela 7 - Componentes em bordo de linha HC.....	46
Tabela 8 - Componentes filtragem peso e volume	47
Tabela 9 - Componentes filtragem diversidade	47
Tabela 10 - Componentes filtragem qualidade	47
Tabela 11 - Componentes bordo de linha HC	47
Tabela 12 - Resultados análise componentes.....	48
Tabela 13 - Resultados Cálculo Linear Zona Kitting.....	51
Tabela 14 - Áreas Supermercado Heterogéneo	51
Tabela 15 - Medições.....	56
Tabela 16 - Tempos de referência.....	58
Tabela 17 - Resultados tempos de abastecimento.....	58
Tabela 18 - Comparativo circuitos de distribuição.....	60

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Efeito do kitting no bordo de linha (Limère, 2011).....	24
Gráfico 2 - Percentagem de kitting e custos (Limère, 2011).....	24
Gráfico 3 - Distribuição componentes bordo de linha HC.....	46
Gráfico 4 - Repartição componentes de linha HC por tipologia.....	48
Gráfico 5 - Evolução do número de referencias	48
Gráfico 6 - Resultados medições	57

Lista de Abreviaturas

CPMG – Centro de Produção de Mangualde

PC – Componentes de pequeno volume

GV – Componentes de grande volume

Recad ou Síncrono- Componentes sequenciados

PFR – Peça de fixação repetitiva

1. Introdução

Atualmente os clientes colocam muita pressão nos mercados para obter entregas atempadas e preços baixos. O cliente da indústria do século XXI é exigente e Alford (2000) descreve-o como sendo “sofisticado” relativamente ao produto pretendido. Daí que as indústrias e, principalmente a indústria automóvel, tenham mudado a sua estratégia de produção em massa por customização em massa. Isto tem conduzido a várias consequências ao nível do processo produtivo e da coordenação logística. Alguns dos métodos tradicionais de gestão e coordenação deixaram de ser eficientes ou até possíveis.

O kitting é um método de abastecimento que tem sido usado cada vez com mais frequência ao longo dos últimos anos e é considerado como uma solução para combater as consequências da customização em massa. A explosão de variantes dos produtos observados durante a última década tem tornado, em alguns casos, impossível o abastecimento contínuo devido ao custo de capital e à falta de espaço nos postos de montagem (Johansson, 1991).

O objectivo deste projeto é estudar a implementação do processo de kitting numa linha de montagem de uma empresa do ramo automóvel, a PSA Peugeot Citroen. O grupo já tem experiência relativamente à implementação do processo de kitting a nível internacional. O projeto agora apresentado demonstra a adaptação das regras genéricas sobre o desenho de sistemas de kitting a um caso prático.

Este projeto é composto por uma revisão da literatura sobre métodos de abastecimento, onde é focado mais concretamente o tema do kitting. São apresentadas as vantagens, desvantagens e alguns casos práticos identificados na literatura. É ainda apresentada a empresa onde foi realizado o estudo assim como todos os processos envolvidos neste tema. Por último é apresentada a aplicação prática, os resultados, e as conclusões deste estudo sobre o desenho de sistemas de kitting.

2. Revisão da Literatura

2.1 Métodos de Abastecimento

O objectivo principal de um método de abastecimento de materiais é o de fornecer os materiais corretos, no tempo certo, no local certo e na quantidade necessária para a produção ocorrer (Limère, 2012). É uma das decisões fundamentais para qualquer linha de montagem, dado que afeta as outras atividades bem como o desempenho da linha de montagem (Coracki, 2008).

Os primeiros casos de estudo acerca de implementação de métodos de abastecimentos de materiais foram realizados por Chen & Wilhelm (1993, 1994 e 1997) e Chen (2003), mais concretamente na alocação de um número limitado de componentes nos kits, através de um algoritmo de minimização de custos. Limère (2012) identificou quatro métodos de abastecimento: *line stocking*, *downsizing*, *sequencing* e *kitting*, referindo que o método mais usado, na indústria, é o *line stocking*, referido também como *bulk feeding*, *continuous replenishment* ou *point-of-use storage*.

Um dos fatores que tem maior impacto na escolha de um método de abastecimento de materiais é o espaço disponível no bordo de linha. Dependendo do método de abastecimento pelo qual a linha de montagem será abastecida, poderá ser libertado um espaço considerável em bordo de linha. Limère (2012) ilustrou um exemplo comparativo do impacto de cada sistema de abastecimento no bordo de linha, figura 1, onde podemos observar que à medida que a diversidade de cada componente aumenta, o espaço em bordo de linha para manter todos os componentes pode ser reduzido ou insuficiente.

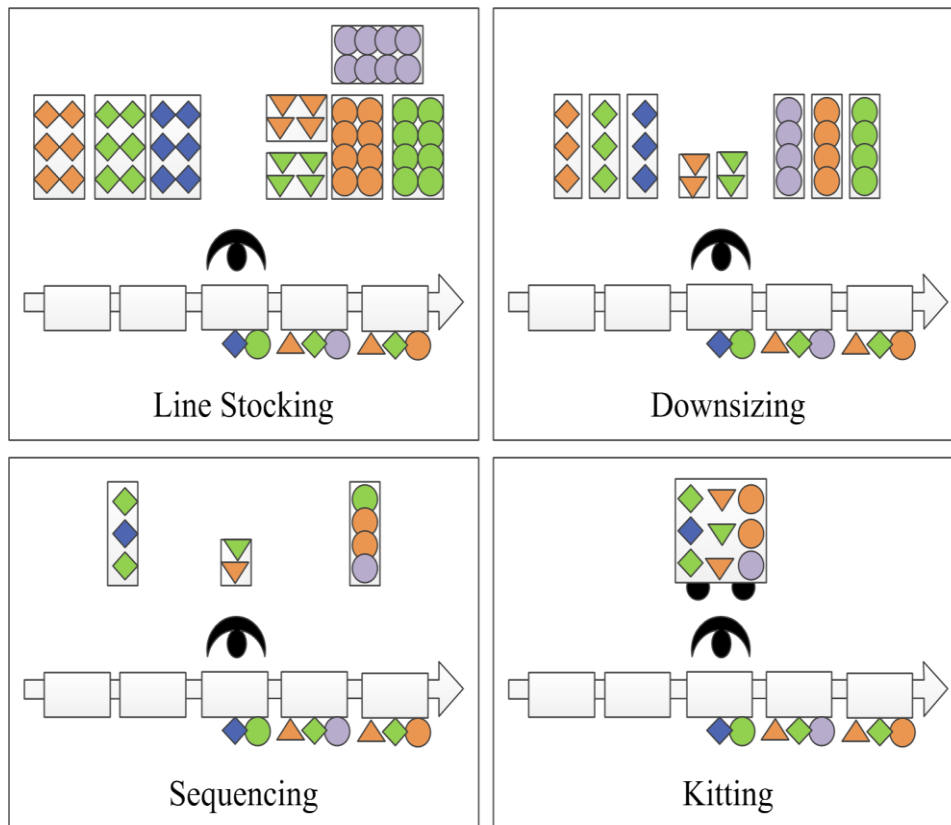


Figura 1 - Impacto de diferentes métodos de abastecimentos na apresentação de peças no bordo de linha (Limère, 2012)

No método de abastecimento *line stocking*, os materiais são fornecidos às linhas de montagem em grandes quantidades e/ou em contentores próprios. Estes últimos são deixados em bordo de linha, perto do posto de trabalho até serem totalmente consumidos. Para controlar o abastecimento é usado um sistema de duas unidades: uma ordem é lançada quando um contentor é despejado e o segundo contentor vai sendo consumido, permitindo cobrir o tempo de abastecimento do primeiro. Uma das grandes desvantagens deste método é o fato de requer muito espaço em bordo de linha, no entanto os materiais não têm qualquer manuseamento adicional desde a chegada ao armazém até ao seu transporte ao bordo de linha.

O *downsizing* é semelhante ao *line stocking* exceto que os componentes são realocados em estruturas mais pequenas antes de serem fornecidos à linha de montagem. Deste modo podem ser encomendados em grandes quantidades e/ou grandes contentores, mas é de notar que este método também aumenta o manuseamento de materiais e consequentemente os custos e riscos de qualidade.

O *sequencing* consiste em fornecer os componentes à linha de montagem já ordenados, nas quantidades necessárias, de acordo com a sequência de produção. Permite uma grande redução no espaço em bordo de linha e maior eficiência do posto de trabalho, no entanto exige um manuseamento adicional na preparação do conjunto a fornecer. Este método mostrou-se extremamente eficaz em situações de diversidades elevadas de componentes.

O método ótimo de abastecimento para uma linha de produção foi também estudado por Battini (2009) que identificou três principais métodos de abastecimento: palete para o posto de trabalho (figura 2), trolley para o posto de trabalho (figura 3) e kit para o posto de trabalho (figura 4).

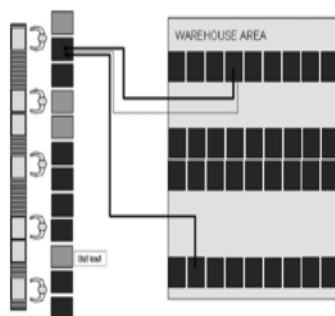


Figura 2 - Palete para o posto de trabalho (Battini, 2009)

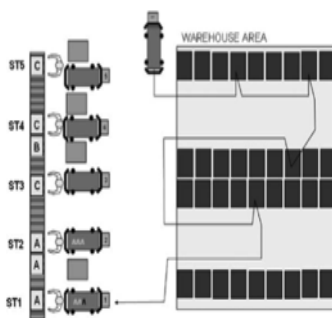


Figura 3 - Trolley para o posto de trabalho (Battini, 2009)

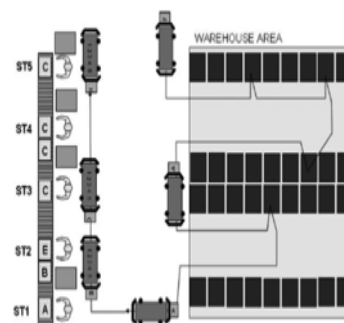


Figura 4 - Kit para o posto de trabalho (Battini, 2009)

Battini (2009) concluiu que o fator decisivo para a escolha do método de abastecimento adequado é o tamanho do lote. Para lotes de grande dimensão, o método palete para o posto de trabalho é o mais adequado, enquanto para lotes pequenos, o método mais eficaz é o kit para o posto de trabalho.

O kitting tem sido referido várias vezes na literatura, acerca de métodos de abastecimentos de materiais, como um método eficaz essencialmente no combate à necessidade de espaço em bordo de linha e à performance dos postos de trabalho nas linhas de montagem (Bozer & McGinnis, 1992; Limère et al., 2011; Limère, 2012). Foi conduzida uma revisão bibliográfica sobre o tema do kitting que é apresentada no próximo capítulo.

2.2 Kitting

A primeira *framework* conceptual e modelo descritivo foi apresentado por Bozer & McGinnis (1992) retratando a problemática da escolha estratégica para cada componente, entre os métodos de abastecimentos *kitting* e *line stocking*.

Segundo os autores, o *kitting* é conhecido como a prática de fornecer componentes e preparações à linha de montagem em quantidades pré-determinadas que são colocadas juntas numa estrutura, definida por *kit* – conjunto específico de componentes e/ou preparações que permite a realização de uma ou mais operações de montagem para um dado produto ou ordem de fabrico. A operação que permite a alocação dos componentes necessários para um particular *kit* é descrita como *kit assembly*. Os autores ainda definem dois tipos de destinatários no *kitting* – *kit-to-customer* e *kit-to-manufacturing* - dependendo se é o cliente final ou a linha de montagem. Definem ainda dois tipos de kits, de acordo com o ponto de consumo – *kit* estacionário (figura 5) e *kit* viajante (figura 6) - caso seja fixo ou móvel, respetivamente. Um *kit* estacionário é colocado num posto de trabalho fixo até ser esvaziado, enquanto um *kit* viajante é colocado num posto de trabalho e acompanha a linha de montagem por diversos postos até ser consumido.

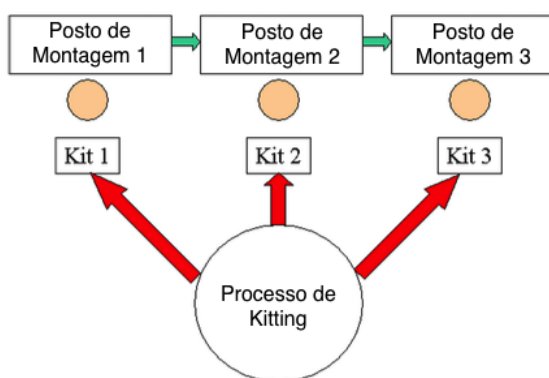


Figura 5 - Kit Estacionário (Carlsson & Hensvold, 2008)

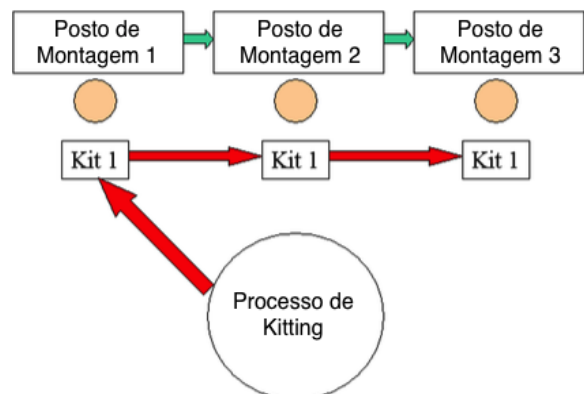


Figura 6 - Kit Viajante (Carlsson & Hensvold, 2008)

Bozer & McGinnis (1992) ainda referem que, geralmente, um *kit* não é composto por todas as peças necessárias para o produto final: parafusos, porcas, obturadores, entre outros, que devido à complexidade ou tamanho do produto são geralmente abastecidos em *line stocking* diretamente no posto de montagem.

Brynzer & Johansson (1995) analisaram, em termos de design e desempenho, os processos de kitting e os sistemas de *order picking*. Os autores identificaram importantes considerações que devem ser tidas em conta no processo de desenho e planeamento de um sistema de kitting, nomeadamente, relativas à eficiência do processo de *picking* como a política de agrupamento, de *picking* e de stocks. Os autores, afirmam ainda que a escolha do design de um sistema de *kitting* a um mais alto nível envolve decisões relativas à organização do trabalho e à localização do processo de kitting. Referiram ainda que o processo de kitting pode ser realizado numa área centralizada (figura 7) ou em várias áreas descentralizadas, chamadas *materials markets* (figura 8).

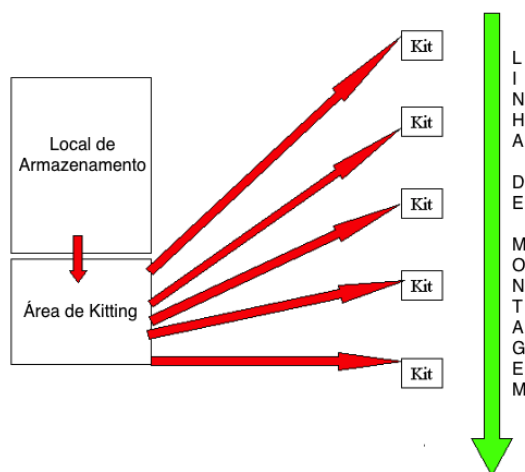


Figura 7 - Kitting com zona de picking centralizada (Carlsson & Hensvold, 2008)

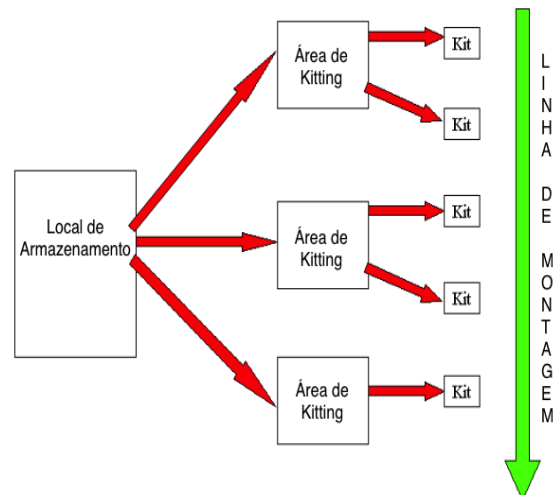


Figura 8 - Kitting com zona de picking descentralizada (Carlsson & Hensvold, 2008)

Os autores estudaram nove casos de estudo em termos de design e performance do kitting e sistemas de *order picking*, tendo discutido alguns dos principais problemas relacionados com a localização e organização dos processos de kitting, bem como a importância das políticas de abastecimento.

Christmansson et al. (2002) realizaram um caso de estudo numa empresa do ramo automóvel com um processo de kitting recentemente implementado. Os autores caracterizaram e compararam dois métodos de abordagem alternativos para a preparação dos kits – *picker-to-material* e *material-to-picker* – dependendo se é o operador a deslocar-se junto dos componentes ou estes junto do operador, respetivamente.

Medbo (2003) estudou a funcionalidade do kitting de materiais, onde os resultados apontaram para a importância em adaptar a configuração do kit de materiais ao desenho do sistema de montagem. Coracki (2008) argumenta que o kitting traz enormes reduções em atividade sem valor acrescentado comparado com a alternativa *line stocking*, referindo que 40% das atividades em *line stocking* são sem valor acrescentado, contra 20% em kitting.

Algumas pesquisas foram feitas sobre a associação dos sistemas de kitting à produção Lean. Vujosevic (2008) debruçou-se sobre o Lean Kitting no âmbito de um projeto de na indústria eletrónica e apresenta uma solução chamada *Supplier controlled supermarket based kitting*. O objetivo é a redução de todo o desperdício na linha de montagem e, de seguida, em todo o processo de kitting. Coracki (2008) apresenta uma avaliação de desempenho de um sistema de kitting em produção Lean. A análise concentrou-se em cinco pontos: requisitos de espaço, qualidade, manuseamento de materiais, flexibilidade e aprendizagem, e concluiu que estes aspetos não estão a ser considerados mas para uma correta avaliação das vantagens na implementação de kitting, todos estes aspetos devem ser considerados. Refere ainda como linha futura de investigação a necessidade de quantificação de cada um destes aspetos.

Muitos autores concentraram-se em estudar o processo de kitting como alternativa a outros métodos, nomeadamente *line stocking*. Hua (2008) estudou os fatores que influenciam a escolha entre kitting e *line stocking* numa empresa de eletrónica e apresentam uma série de linhas futuras para investigação em várias áreas. Hanson & Medbo (2012) estudaram, num caso prático na Saab em Trollhattan – Suécia, em como o kitting comparado com *line stocking*, afeta o tempo consumido pelo operador para montar os componentes na linha de montagem.

Hanson & Brolin (2013) estudaram os efeitos relativos à mudança de *line stocking* para kitting, em termos de mão-de-obra, qualidade do produto, flexibilidade, inventários e requisitos de espaço em dois casos de estudo na indústria automóvel.

Segundo Carlsson & Hensvold (2008) implementar um processo de kitting centralizado providencia a oportunidade de integrar a área de kitting com a zona de stock, reduzindo o manuseamento desnecessário de material. No entanto pode causar problemas relativos à distribuição dos kits se a zona de stock se encontra a uma grande distância da linha de montagem.

Carlsson & Hensvold (2008) também ilustraram o impacto de métodos de abastecimento mas de acordo com a distância que o operador tem que percorrer entre o posto de montagem e o local onde se encontra o componente em bordo de linha (figura 9):

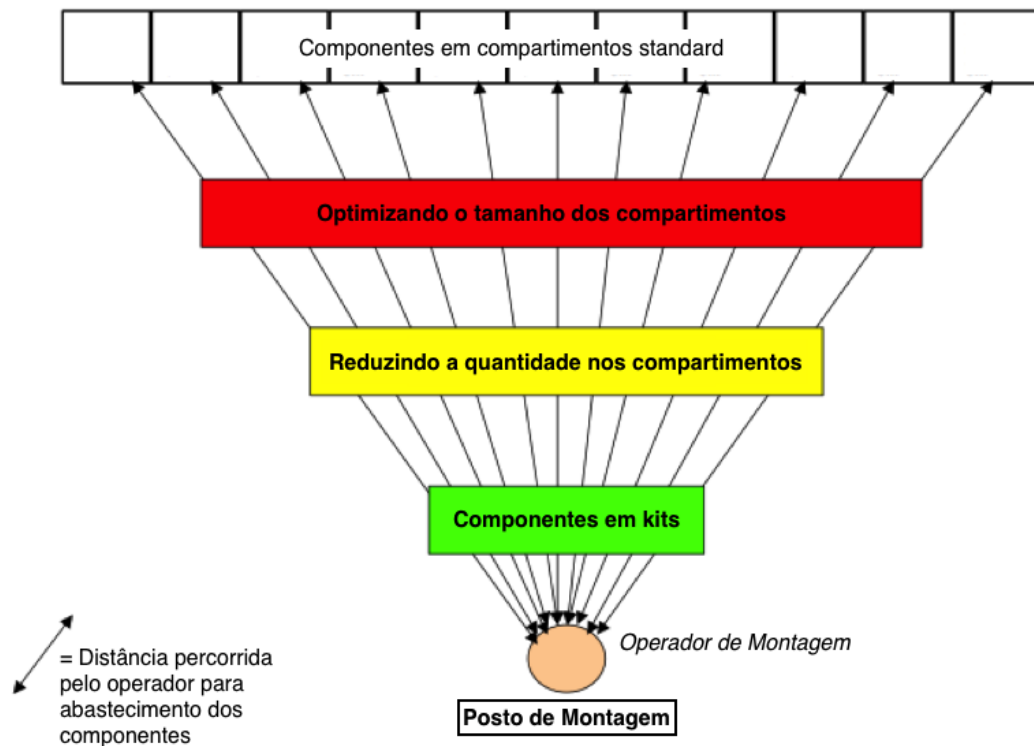


Figura 9 - Efeitos de novos métodos de abastecimento num linha de montagem (Carlsson & Hensvold, 2008)

De acordo com a figura 9, à medida que o método de abastecimento se aproxima do kitting, podemos verificar que a distância entre o operador e os componentes diminui. Se os componentes forem colocados no bordo de linha em compartimentos *standards*, obtemos uma distância consideravelmente elevada entre o componente e o operador. Através de uma otimização dos compartimentos conseguimos reduzir essa distância. O downsizing permite, reduzindo a quantidade de cada componente, que estes fiquem ainda mais próximos do operador. No entanto, o método que aproxima mais os componentes do operador ao seu posto de trabalho é o kitting.

2.2.1 Vantagens

As vantagens encontradas na literatura relativamente ao kitting são as seguintes:

1. Permite ter mais espaço de fabrico e/ou armazenamento (Agervald 1980 ;Bozer & McGinnis, 1992; Medbo, 2003);
2. Reduz a distância entre o material e o operador assim como o tempo de procura (Agervald, 1980; Johansson, 1991; Schwind, 1992);
3. Permite reduzir ou melhorar o controlo do trabalho em curso nos postos de trabalho, mantendo os stocks de materiais primários e preparações centralizadas (Bozer & McGinnis, 1992; Ding & Balakrishnan, 1990; Ding, 1992; Sellers & Nof, 1989);
4. Dado que a maioria dos componentes e preparações não se encontram em stock no posto de trabalho, aumenta a flexibilidade da linha de montagem e postos de trabalho, permitindo maior facilidade quando são necessárias mudanças no produto final (Bozer & McGinnis, 1992; Schwind, 1992; Sellers & Nof, 1989);
5. Permite melhorar o controlo dos fluxos na implantação através do manuseamento das estruturas dos kits e não cada contentor de cada material individualmente (Bozer & McGinnis, 1992; Ding & Balakrishnan, 1990; Ding, 1992; Medbo, 2003);
6. Reduz ou facilita a entrega de material nos postos de trabalho, eliminando a necessidade de abastecer cada componente individualmente (Bozer & McGinnis, 1992; Ding & Balakrishnan, 1990; Medbo, 1992);
7. Permite um melhor controlo e visibilidade de materiais/componentes dispendiosos e delicados (Bozer & McGinnis, 1992; Schwind, 1992);
8. Oferece uma potencial melhoria da qualidade do produto, dada a possibilidade de um controlo mais a montante na cadeia de abastecimento, permitindo assim reduzir o número de materiais errados ou em falta (Bozer & McGinnis, 1992; Schwind, 1992; Sellers & Nof, 1989);
9. Redução do tempo de procura e desenhando o kit de um modo pedagógico, neste caso o kitting permite facilitar a formação de novos operadores (Agervald, 1980; Ding & Balakrishnan, 1990);
10. Facilita o manuseamento através de robótica na linha de montagem, dado que os kits são entregues da mesma forma, posição, quantidade e orientação assim como os componentes (Bozer & McGinnis, 1992);
11. Com grandes variedade de produção, o kitting ajuda a balancear a linha através da deslocação, para fora da linha, das preparações (Jiao et al., 2000).

2.2.2 Limitações

As limitações encontradas na literatura relativamente ao kitting são as seguintes:

1. A preparação dos kits consome recursos humanos e de tempo sem valor acrescentado para o produto (Bozer & McGinnis, 1992);
2. É provável um aumento de espaço, não em bordo de linha mas em zona de preparação dos kits, especialmente se estes forem preparados com muita antecedência. (Agervald, 1980 ; Bozer & McGinnis, 1992);
3. Requer mais planeamento para a gestão da zona de preparação (Bozer & McGinnis, 1992);
4. A temporária falta de peças pode obrigar o operário a fazer kits mais pequenos; assim sendo existe uma redução da eficiência da operação (através do duplo manuseamento dos kits e espaço adicional necessário para stock temporário dos kits parcialmente completos). (Bozer & McGinnis, 1992);
5. Componentes defeituosos usados em kits vão gerar escassez de componentes nos postos de trabalho. (Bozer & McGinnis, 1992);
6. Componentes críticos sujeito a problemas devido ao processo de preparação requerem mais atenção. Podem ser fornecidos sempre com um componente suplente para cada kit ou então podem ser armazenados num contentor em bordo de linha em alguns postos de trabalho. (Bozer & McGinnis, 1992);
7. Se houver falta de peças, algumas irão ser retiradas de outros kits para completar. Esta situação faz com que exista duplo manuseamento, primeiramente ao retirar de um kit para o outro e depois na reposição da peça em falta quando o stock estiver disponível. Esta situação complica o controlo e contabilização dos stocks. (Bozer & McGinnis, 1992);
8. O *picking* dos componentes pode tornar-se um processo extremamente monótono e repetitivo; a longo prazo, um fraco desenho do processo de picking pode levar à falta de motivação e lesões. (Agervald, 1980; Cristmansson et al., 2002).

2.2.3 Resultados Quantitativos

Relativamente ao processo de *picking*, Brynzer & Johansson (1995) apresentaram resultados de uma série de casos de estudo (tabela 1) realizados dentro de um projeto de pesquisa sobre desenho e performance de sistemas de kitting.

Classificação dos casos de estudo			
	Caso B	Caso D	Caso F
Produto final	Veículo	Motor	Alavanca de engrenagem
Operadores de picking	Operador de picking específico	Alguns operadores de Montagem	Operador de Montagem
Número de operadores de picking em simultâneo	3	6	1
Localização dos processos de picking	Armazém	Material market	Material market
Número de kits no lote	4-30	2	9
Número de zonas de picking	3	1	1
Tipo de informação para o picking	Lista de picking	Lista de picking e layout optimizado	Calendarização variável
Estão os corredores de picking e de abastecimento separados?	Não	Sim	Não
Método de transporte do operador de picking	Pedonal e Conduzido	Conduzido	Pedonal
É possível atravessar os corredores de picking?	Sim	Não	Não

Tabela 1 - Classificação dos casos de estudo (Brynzer & Johansson, 1995)

Verificamos que, na tabela 2, os resultados variaram consideravelmente entre os casos B e D e o caso F. No caso B, existem operadores dedicados à atividade de *picking*, no entanto, o processo encontra-se localizado no local de stock, aumentando assim consideravelmente as restantes tarefas não diretamente associadas ao processo de kitting mas aos processos de armazenamento.

Distribuição do tempo de um operador de picking			
Actividade	Caso B	Caso D	Caso F
Core Picking	16,9%	14,0%	24,9%
Colocação dos componentes na estrutura	14,7%	17,2%	42,5%
Preparação de materiais para o picking	1,1%	0,0%	0,0%
Leitura e identificação	6,6%	0,4%	0,9%
Deslocação do operador para o local de picking	4,8%	2,8%	0,9%
Deslocamento com o kit	16,0%	15,1%	16,3%
Tempo de espera	7,9%	27,3%	0,2%
Actividades inesperadas	0,7%	3,3%	1,0%
Manuseamento de embalagens de armazém	5,6%	4,2%	8,5%
Manuseamento de embalagens de picking	10,6%	8,7%	2,4%
Actividades administrativas	14,3%	4,6%	0,8%
Controlo	0,0%	2,5%	0,1%
Ajustamentos	0,8%	0,0%	1,3%

Tabela 2 - Distribuição do tempo de um operador de picking (Brynzer & Johansson, 1995)

No caso D, o *picking* é realizado por vários operadores simultaneamente numa área descentralizada. O tempo de espera aumenta significativamente devido ao facto dos operadores não poderem passar uns pelos outros no processo de *picking*. No caso F, existe apenas um operador numa área descentralizada e cerca de 84% do tempo é ocupado em 3 atividades: core picking, colocação dos itens no kit e a deslocação com o kit, reduzindo assim percentagem de algumas tarefas que podem ser consideradas como desperdício, tal como o tempo de espera, trabalho administrativo ou movimento do operador para a localização do item a recolher. No entanto esta redução também se deve ao aumento do número de kits por lote.

Limère et al. (2011) apresentaram ainda um modelo matemático e, para testá-lo, foram utilizados dados de uma empresa da indústria automóvel Belga. Tratou-se de um problema de otimização onde o objetivo era a minimização de custos e a decisão a de atribuir a cada componente um tipo de abastecimento: *line stocking* ou kitting. Os pequenos componentes que são fornecidos em pequenas caixas de cartão não foram considerados, assim como os componentes que, por motivos de peso ou volume, não foram possíveis de incluir num kit. A linha consiste em 94 postos de trabalho com 1773 componentes. O resultado ótimo foi obtido com 1027 componentes a serem abastecidos em *line stocking* e os restantes 746 em kitting, totalizando 50 kits para entrega em 37 dos 94 postos de trabalho. Também foi executado o mesmo algoritmo para o cenário de 100% line stocking sem a restrição de espaço, o que gerou um resultado com um valor de custo anual mais baixo, no entanto não se trata de uma solução possível. A solução de todos os componentes serem abastecidos em kitting gerou um aumento do custo anual de cerca de 60% (tabela 3).

Principais resultados do caso de estudo

Cenários	Custo total (€ / Ano)	Número de componentes em kits	Número de kits
Óptima	371,862	746 (42%)	50
Line Stocking	325,834	0 (0%)	0
Kitting	600,688	1773 (100%)	253

Tabela 3 - Principais resultados do caso de estudo (Brynzer & Johansson, 1995)

Em relação ao espaço em bordo de linha, através dos resultados (gráfico 1), podemos observar que este diminui linearmente com o aumento da percentagem de kitting até aproximadamente um quarto do valor inicial com o abastecimento total em *line stocking*.

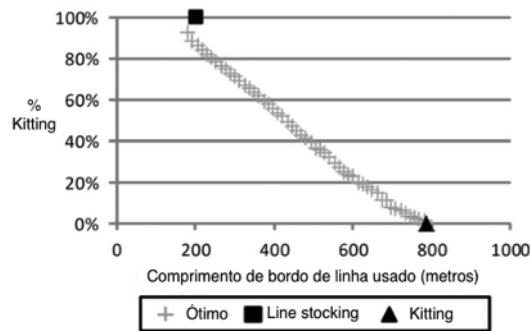


Gráfico 1 - Efeito do kitting no bordo de linha (Limère, 2011)

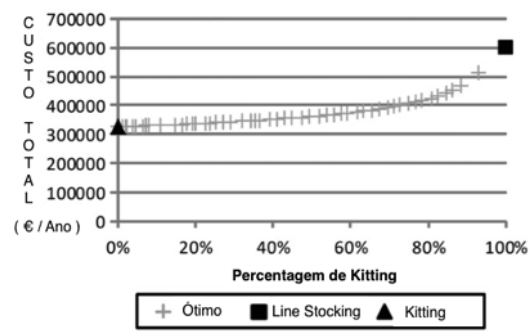


Gráfico 2 - Percentagem de kitting e custos (Limère, 2011)

No gráfico 2, podemos observar a evolução do custo total em relação à percentagem de kitting. Este cresce lentamente até uma zona (50-70%) e depois quase exponencialmente, atingindo o seu máximo em pouco menos de 2 vezes o custo inicial com 0% de kitting.

Conjuntos de dados de Entrada	Line Stocking	100% Kitting		Com restrição de espaço			Sem restrição de espaço		
	Custo Total	Custo Total	Número de kits	Custo Total	% Kitting	Número de kits	Custo Total	% Kitting	Número de kits
Entrada 1	328,116	588,469	233	326,749	1,7%	3	377,504	42,8%	54
Entrada 2	425,269	721,287	296	425,269	0,0%	0	477,786	43,5%	53
Entrada 3	330,577	573,396	217	329,421	2,5%	3	367,545	36,3%	42
Entrada 4	342,657	594,748	225	342,340	0,9%	1	391,379	40,6%	53
Entrada 5	393,741	693,333	264	391,876	3,4%	6	444,344	39,1%	55

Tabela 4 - Resultado dos conjuntos de dados de entrada (Limère, 2011)

Como podemos observar na tabela 4, os custos das soluções 100% kitting são consideravelmente mais altos. Nas soluções sem restrições de espaço podemos observar que são os custos mais baixos e que as percentagens de kitting são muito baixas (até cerca de 3,5%), no entanto, não são soluções possíveis. Os resultados ótimos fazem situar a percentagem entre os 36% e os 44%.

Carlsson & Hensvold (2008) apresentaram resultados de um caso prático na indústria automóvel. Foram analisados vários cenários (tabela 5).

Cenário	Número de componentes em kits
Todos os componentes em kits	73
Componentes manuseáveis manualmente em kits	63
Componentes com valor inferior a £100 em kits	60
Todos os componentes standards em kits	28
Componentes BP3 manuseáveis manualmente em kits	32
Componentes obrigatórios manuseáveis manualmente em kits + todos os componentes seleccionáveis	35
Componentes obrigatórios manuseáveis manualmente em kits	28
Todos os componentes seleccionáveis em kits	7
Sem kits	0

Tabela 5 - Resultados ponderados do modelo (Limère, 2011)

O cenário “Todos os componentes em kits” obtém o melhor resultado. No entanto, é de notar que, especialmente neste caso de estudo, existem componentes que devido ao seu peso e/ou tamanho teriam que ser manuseados através de automatismos e, ainda, transportados em carrinhos especiais. Essas limitações fizeram com que os autores concluíssem que a melhor solução seria “Todos os componentes manuseáveis manualmente em kits” . Numa comparação com o cenário “Sem kits”, isto é, line stocking, os resultados foram os seguintes:

- Reabastecimentos na linha de montagem diminuem cerca de 20%;
- Reabastecimentos nos stocks mantêm-se;
- O espaço em bordo de linha diminui cerca de 80%;
- A distância percorrida pelo operador por dia diminui cerca de 80%;
- O valor do inventário em bordo de linha diminui cerca de 50%;
- O manuseamento de componentes aumenta cerca de 100%;
- Existe um aumento da área necessária e tempo de serviço para a zona de kitting (informação confidencial).

2.3 Conclusões

Grande parte da literatura apresentada retrata comparações entre kitting e *line stocking*, nomeadamente, modelos de decisão sobre a escolha estratégica relativamente a qual o melhor método de abastecimento para um dado componente. A literatura também identifica claramente as várias vantagens e limitações do kitting. No entanto algumas limitações ainda persistem como o kitting de componentes de grande volume e/ou peso. Alguns benefícios como, por exemplo, a melhoria na qualidade ou melhoria na aprendizagem carecem de resultados quantitativos.

Com a crescente tendência para a customização em massa da indústria automóvel, o kitting é apontado como uma solução para uma necessidade cada vez mais comum: o espaço em bordo de linha. Todos os estudos que foram feitos relatam uma melhoria significativa nesse aspeto com a adaptação deste método de abastecimento. Outra melhoria comprovada pela literatura é da eficiência do posto de trabalho nas linhas de montagem. Algumas operações como a deslocação do operário de montagem ao bordo de linha podem ser reduzidas significativamente assim como a procura pelo componente correto que, pode ser eliminada.

De seguida é apresentada a empresa onde foi realizado o estágio e o projeto.

3. O grupo PSA Peugeot Citroen

3.1 Apresentação / História

Criado em 1976 através da fusão entre a Citroen S.A e a Peugeot S.A, a PSA Peugeot Citroen é detentora de duas marcas de renome mundial, Peugeot e Citroen. Recentemente em 2012, o grupo PSA Peugeot Citroen criou uma aliança estratégica mundial com a General Motors e inaugurou no ano de 2013 em Shenzhen na China, uma nova fábrica em conjunto com Changan Automobile Group e optou pelo fecho da fábrica de Aulnay-sous-Bois em França. Em 2014, a modelo DS é agora uma nova marca afirmando-se, assim, como a terceira do grupo PSA Peugeot Citroen. Atualmente existem centros PSA Peugeot Citroen em três continentes, repartidos de acordo com a seguinte tabela:

Centros PSA / Atividade	Europa	Asia	América Latina	Total
Centros de Produção Automóvel	11	-	2	13
Centros de Produção Automóvel (partilhados)	4	4	-	8
Centros de Produção Mecânica	10	1	2	13
Centros de Produção Mecânica (partilhados)	1	-	-	1
Centros de Inovação e Desenvolvimento	5	1	1	7
Centros de Montagem	1	1	1	3
Outros	5	-	-	5
Total	37	7	6	50

Tabela 6 - Distribuição dos centros PSA

O grupo vendeu mais de 2,9 milhões de veículos no mundo em 2012, em que 38% foram vendidos fora da Europa. As atividades do Grupo estendem-se ainda a outras áreas através das suas filiais. O Banco PSA Finance foi criado em 1979 com o nome de Credipar e assegura o financiamento das vendas dos veículos de 23 países.

3.2 Complexo Produtivo de Mangualde

O Complexo Produtivo de Mangualde (CPMG) nasceu em 1962 com a decisão de construção da fábrica em Mangualde, distrito de Viseu. Financiado em cerca de 60% por capital nacional e em 40% por capital estrangeiro, o projeto de construção iniciou-se no ano seguinte e a produção apenas um ano mais tarde, em 1964, com o primeiro veículo, o Citroen 2CV (Modelo AZL) à cadência de 2 veículos por dia e um total anual de 472 veículos.



Figura 10 - Complexo Produtivo de Mangualde (1977)

Desde da sua criação, o CPMG produziu vários modelos tendo tido especial destaque o modelo exclusivo do centro, o modelo FAF, produzido de 1977 até 1982. Em 1998, começaram a ser fabricados os modelos Citroen Berlingo e Peugeot Partner, até que em 2011 foi lançada uma nova versão dos mesmos que permanece até os dias de hoje. Em 2012, no seu 50º aniversário, a produção acumulada tinha atingido 1 milhão de veículos.



Figura 11 - Complexo Produtivo de Mangualde (2012)

Em 2013, o CPMG produziu um total de 56.713 veículos, contava com cerca de 1130 efetivos e faturou cerca de 504 milhões de euros em que, cerca de 95% da produção foi para exportação. Até hoje, o CPMG tem expandido o perímetro das suas instalações e fabricado vários modelos.

3.2.1 Processo produtivo

Atualmente o CPMG produz dois modelos nas suas instalações: o Citroen Berlingo (figura 12) e o Peugeot Partner (figura 13). O volume de produção é cerca de 288 veículos/dia que são produzidos em três turnos (7h-15h, 15h-23h, 23h-7h).



Figura 12 - Citroen Berlingo



Figura 13 - Peugeot Partner

O CPMG está dividido em vários setores:

Ferragem

O processo de fabrico tem o seu início neste sector (figura 14), onde é unida toda a estrutura metálica do veículo através de soldadura. Estas peças de estrutura são unidas através de calibres pneumáticos distribuídos por diferentes linhas de produção. Na última linha do setor, a carroçaria ganha forma e segue o seu processo para o próximo setor.



Figura 14 - Ferragem

Pintura

Depois do setor da ferragem, a carroçaria entra na Pintura (figura 15). Este setor permite ao veículo ganhar resistência às agressões do ambiente, de estanquicidade e de estética. É composto por várias fases:



Figura 15 - Pintura

- Túnel de tratamento de superfície: trata-se de uma linha de limpeza, eliminação da gordura que fornece à chapa a capacidade de anti corrosão e de aderência à tinta;
- Cataforese: aplicação da primeira camada de tinta através de eletrodeposição.

- Estanquicidade: aplicação de *mástique* de confere ao veículo impermeabilização à água e ao ruído;
- Primário: aplicação da segunda camada de tinta que confere resistência anti gravilha e aos raios UV;
- Base: aplicação da laca, dando assim cor ao veículo;
- Verniz: última linha de setor que consiste na aplicação de verniz que confere brilho ao veículo e resistências químicas e mecânicas à carroçaria.

Montagem

Neste sector (figura 16), o veículo recebe todos os componentes necessários à sua comercialização. Encontra-se dividido em três linhas principais: Linha HC (1º



Figura 16 - Montagem

Acabamento), Linha MVM (Mecânica) e Linha MVA (2º Acabamento). Contempla também linhas de preparação onde são montados subconjuntos que são posteriormente alimentados nas linhas principais. Neste setor são montadas cerca de 2050 peças e efetuada uma média de 600 apertos por veículo. No

final da linha o veículo encontra-se pronto para seguir para o próximo e último setor antes da sua comercialização

Qualidade

Neste último passo, o veículo é analisado em termos de aspeto, conformidade, esforço e ruídos (figura 17). São ainda regulados os faróis, alinhada a direção, verificados os sistemas de travagem e de controlo funcional e a potência do veículo. De seguida é submetido a um curto teste-drive onde é controlada a ausência de ruídos e verificada a suspensão. Por fim, o veículo é submetido a um controlo de estanquicidade e encontra-se pronto para entrega.



Figura 17 - Qualidade

Unidade Técnica do Centro

O setor da Unidade Técnica Centro (figura 18) é encarregue pela realização da manutenção preventiva e curativa dos equipamentos de fabricação, de logística e das



Figura 18 - Unidade Técnica do Centro

instalações gerais. Está em constante funcionamento mesmo em período de paragens para a realização de operações de manutenção. Este setor é responsável pelo controlo dos sistemas de segurança e proteção aos incêndios. A nível ambiental está ainda encarregue da gestão do sistema de gestão ambiental

Coordenação da produção e logística

O setor da coordenação da produção e logística tem como funções coordenar, programar o calendário de produção e gerir os fluxos internos e externos do CPMG.

3.2.1.1 Logística

O objetivo da logística no CPMG é ter de colocar o produto certo, na quantidade certa, no local correto à hora exata. Para poder cumprir com este objetivo, o setor da logística é responsável por todo o processo desde da chegada dos materiais ao CPMG até ao seu consumo nas linhas de montagem, passando, então, pela descarga dos camiões, conferência dos produtos, armazenamento, entrega em linha e recolha das estruturas vazias.

A logística é composta por 4 módulos:

- Zona de cargas/descargas e conferência;
- Distribuição e Montagem;
- Ferragem;
- Sequenciamentos e síncronos.

No âmbito deste projeto não serão analisados nem o módulo da zona de cargas/descargas e conferência, nem o módulo da Ferragem.

3.2.1.1.1 Zonas de Stock

Na logística existem dois armazéns, um no sector da Montagem e outro no sector da Ferragem. Existem três tipos de armazenamento: o supermercado com caixas pequenas/médias, a zona de contentores de grandes volumes e um piso inferior dedicado aos componentes em *sequencing*.

A regra de consumo em todo o setor logístico do CPMG é o First-in-First-Out (FIFO) e todos os meios são 100% elétricos.

Supermercado

O supermercado é o local de armazenamento de componentes de pequena/média dimensão (PC) e está dividido em duas áreas:

- Homogéneo

Nesta área estão armazenados os componentes que chegam à fábrica em paletes homogéneos (figura 19). Cada secção é dedicada a um componente, e é retirado para abastecimento a partir do solo enquanto o stock vai sendo armazenado em altura. Todo o processo de armazenagem e gestão desta área é feito por um operador com ajuda de um empilhador.

- Heterogéneo

Adjacente ao homogéneo, o supermercado heterogéneo (figura 20) é uma zona de stock misto onde existem quatro filas de kanbans, num total de 76, com 4 andares onde os componentes são armazenados num dado local e o seu stock em profundidade. Todo o processo de armazenagem é feito por um operador com ajuda de um porta-paletes.



Figura 19 - Supermercado Homogéneo



Figura 20 - Supermercado Heterogéneo

Stock de grandes volumes

Esta zona de armazenamento contém todos os componentes com volume e/ou peso considerável (GV). Chegam à fábrica dentro de contentores próprios que permitem ser armazenados uns em cima dos outros em altura, com o auxílio de um empilhador. Esta zona de stock encontra-se também perto do seu limite de saturação, mais uma vez, devido ao aumento de diversidade dos componentes, precisando frequentemente de ser atualizada para conseguir lidar com as mudanças dos componentes.

Componentes sequenciados

No andar inferior ao setor da Montagem, existe a zona dos componentes sequenciados (Recad). Esta zona é dedicada inteiramente às preparações para sequenciamento de componentes e stock. Tem um cais próprio para cargas/descargas dos componentes e tem cinco postos de trabalho dedicados às preparações das estruturas de componentes sequenciados com um método de *picking* tradicional. Este consiste em o operador levar a estrutura e uma folha de necessidades para a zona de *picking* onde percorre a zona e vai abastecendo a estrutura de acordo com as necessidades em papel. Todas as estruturas, carregadas ou vazias, são levadas para o andar superior através de dois elevadores.

Existe ainda neste piso uma pequena zona de componentes que são fornecidos em *downsizing*: são retirados dos contentores próprios e colocados em estruturas mais manuseáveis para enviar para a linha de montagem.

Alguns componentes já chegam sincronizados com a sequência de produção a partir do fornecedor mas não são descarregados nesta área; são provisoriamente armazenados num cais dedicado para as linhas de montagem.

3.2.1.1.2 Meios de Distribuição

A logística interna possui três meios de transporte às linhas de montagem: comboios logísticos do tipo *milk-run*, transporte de contentores em bases rolantes e componentes em sequenciados com as linhas de montagem.

Comboio logístico do tipo *milk-run*

Existem três circuitos de três comboios logísticos para abastecer o setor da Montagem (figura 21):

- Circuito Verde: abastece ambos os lados de toda a linha MVA e o troço final da linha MVM. Abastece ainda toda a zona de preparação dos motores;
- Circuito Branco: abastece todo o lado direito das preparações no corredor central e todo o lado esquerdo da linha HC e do lado esquerdo do início de linha MVM;
- Circuito Azul: abastece todo o lado esquerdo das preparações e ambos os lados das preparações mecânicas assim como o lado esquerdo da linha MVM.

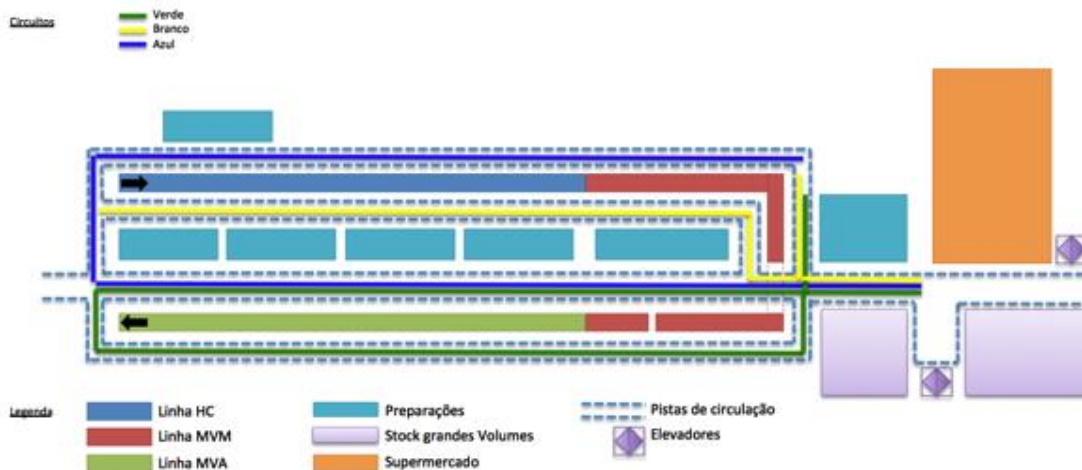


Figura 21 - Circuitos de comboios logísticos

Estes circuitos são horários e estão desfasados para não haver sobreposições simultâneas, quer nos supermercados quer nas pistas de circulação.. Qualquer um dos circuitos tem o seu ponto de partida junto ao supermercado onde é impressa uma

folha com as necessidades para um dado circuito. A partir dela o circuito passa pelo supermercado, abastecendo os produtos e quantidades corretas de acordo com as necessidades. De seguida começa a distribuição. Ao mesmo tempo que a distribuição está a ser feita, é necessário recolher as embalagens vazias que se encontram sempre no andar superior dos kanbans da linha de montagem. Ao final do circuito, as referências das embalagem vazias são introduzidas no sistema e retiradas do comboio para a zona de vazios.

Circuito de grandes volumes

Para a distribuição dos contentores, existem dois circuitos: circuito interior que apenas circula pelas duas pistas centrais e o circuito exterior que circula pelas pistas exteriores.



Figura 22 - Transporte de bases rolantes

O processo de abastecimento é o *line stocking*, existem dois contentores do mesmo componente e a cada volta, o operador introduz, através de leitura de código de barras, os contentores que se encontram vazios em bordo de linha, no sistema. Estes vão sendo preparados pela equipa de logística que os retira da zona de stock de grandes volumes e os coloca em bases rolantes que são atreladas umas às outras para serem levadas para a linha de montagem (figura 22).

Circuito dos síncronos

Os componentes encontram-se numa zona de stock temporária, perto do elevador por onde são enviados do andar inferior. São de seguida levados para as linhas de montagem. O sistema informático é quem lança as ordens de composição para a zona de preparação dos componentes sequenciados. Este circuito ainda se encontra responsável por abastecer



Figura 23 - Transporte de estruturas de síncronos

os componentes que vêm sincronizados dos fornecedores e se encontram na zona de stock temporária, perto do final da linha do setor Montagem (figura 23).

3.3 Experiência PSA Peugeot Citroen

O kitting não é novidade para o grupo a nível internacional, muitas linhas de produção em fábricas na Europa e na China já estão a funcionar dessa forma. O departamento responsável pelos métodos, sediado em França, redigiu um referencial com base em toda a experiência passada obtida pelas implementações de kitting nas diversas fábricas do grupo em várias linhas de produção. O documento, intitulado de “Referencial Kitting” encontra-se atualizado desde Janeiro 2014, contando então com toda a experiência até 2013 no seio do Grupo. Neste projeto, este documento serviu de referência para algumas fases de modo a fazer convergir as necessidades do CPMG com as referências passadas.

3.3.1 Referencial Kitting PSA

Este documento tem como objetivo a descrição das referências a adotar pela logística para a preparação e distribuição dos componentes em bordo de linha. O documento cita dois grandes objetivos para a implementação de kitting numa linha de montagem:

- Flexibilidade: sendo todos os componentes abastecidos através de um só meio para a linha de montagem, todas as mudanças de operações na linha de montagem não impactam o sector da logística diretamente. Um componente pode agora ser alocado a outro posto de trabalho da mesma linha sem o sector da logística sofrer alterações;
- Performance nominal: o kit permite reduzir a distância das peças ao operador da linha de montagem, fazendo com que os deslocamentos sejam reduzidos e os tempos de procura eliminados.

Para além destes dois objetivos, é também referido que o kitting deve permitir uma melhoria na qualidade, ergonomia e segurança.

Definições

“Um kit é um conjunto de componentes todos destinados a um único veículo”

São referidas várias regras de construção dos kits:

- Um kit (figura 24) é construído de modo a permitir ao operador da Montagem retirar qualquer componente, mas não obrigatoriamente pelo lado em que o componente foi abastecido no kit;



Figura 24 - Exemplo Kit

- Um único kit para cada zona de montagem do veículo;
- O kit é construído de modo a permitir ao operador da logística abastecer os componentes independentemente uns dos outros.

O documento apresenta um fluxograma para escolha das peças, implementações, layout, funcionamento das zonas de kitting e meios de distribuição às linhas de montagem.

3.3.2 Experiência de SevelNord

No âmbito do projeto kitting do CPMG, a experiência do complexo produtivo de SevelNord serve de referência para o estudo na implementação de kitting. O kitting está implementado em SevelNord num troço de uma linha de montagem, num total de 16 passos de trabalho. Este troço de linha de montagem foi escolhido por ter peças de tamanhos pequenos/médios e por ter poucos manipuladores e autómatos. A filtragem das peças foi feita e acordo com o referencial interno, que indica que alguns componentes não podem ser integrados no processo de kitting por vários motivos:

- Ergonomia - pesos superiores a 8kg, volumes de 60L ou maiores;

- Eficiência do *picking* - As peças de fixação repetitiva são geralmente constituídas por parafusos, porcas, obturadores, entre outros, e sendo de tamanhos muito pequenos e consumidos em várias quantidades em vários postos de trabalho são de difícil integração num kit relativamente ao seu processo de *picking*. Os componentes com grande diversidade tendem a ocupar uma zona de stock maior, dificultando a eficiência do processo de *picking* relativamente à distância percorrida pelo operador de *picking* para abastecimento do componente.

Central Visserie

Este método de abastecimento foi implementado para permitir o abastecimento das peças de fixação repetitiva (PFR) na linha de montagem onde o kitting será implementado. Consiste na implementação de kanbans, chamados *central visserie*, apenas num lado do bordo de linha (figura 25) onde são armazenadas as PFR que são abastecidas através de um circuito específico que as entrega em bordo de linha a partir do supermercado.

A *servante móvel* (figura 26) é uma pequena estrutura que é abastecida a partir dos kanbans *central visserie* que é de seguida anexada no kit de componentes (figura 26). Composta por vários espaços identificados, permite levar as PFR para um ou vários postos de um ou vários passos de trabalho através da sua deslocação de um kit para o outro.



Figura 25 - Kanban Central Visserie SevelNord



Figura 26 - Servante móvel SevelNord

Sistema Pick-to-Light

Toda a zona de picking funciona através do sistema *pick-to-light*. O sistema consiste na instalação de um testemunho luminoso (figura 28) em cada recipiente de cada componente a retirar ou, no caso de quantidades variáveis, um *display* numérico indicando a quantidade a retirar (figura 27).

Através deste sistema foi observada a eliminação dos erros de *picking* de componentes, fazendo com que os únicos erros possíveis estejam do lado da programação do sistema. Até fevereiro 2014, não tinham sido registado quaisquer erros na constituição dos kits.

O sistema apenas apaga o testemunho luminoso depois de pressionada a vareta de ação mecânica (figura 28), validando assim a retirada do componente. Este sistema permite eliminar a leitura de necessidades a partir de uma folha: o operador da zona kitting apenas tem que retirar a peça e validar através de um movimento.

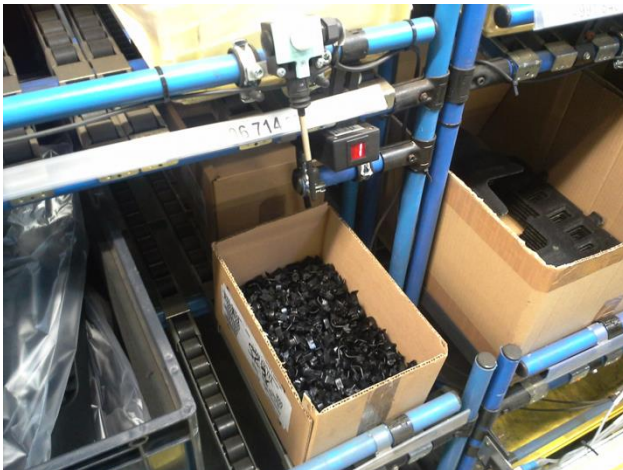


Figura 27 - Display pick-to-light SevelNord

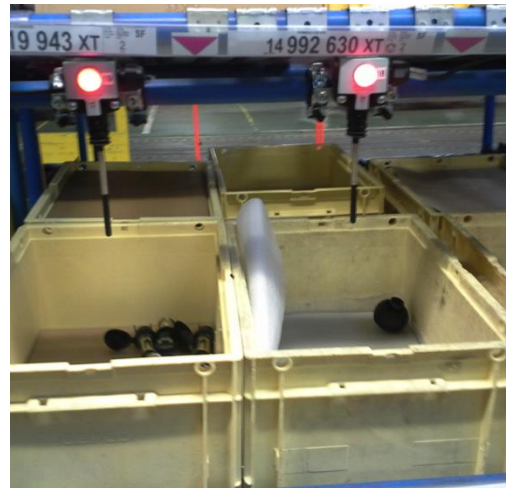


Figura 28 - Testemunhos luminosos pick-to-light SevelNord

Não foram verificados erros no *picking* de componentes com o sistema *pick-to-light*. Foi referido pelos responsáveis que os únicos erros possíveis neste tipo de sistemas os por parte da programação do mesmo.

4. O Projeto Kitting

4.1 Introdução

Com a crescente evolução do sistema produtivo, o CPMG tem estado em constantes mudanças devido à introdução de novos componentes e à evolução dos componentes dos modelos produzidos. Uma das grandes dificuldades prende-se no espaço disponível em bordo de linha atualmente e nas previsões futuras: alguns troços de linha estão saturados de componentes do bordo de linha e a tendência aponta para um aumento da diversidade, evoluindo cada vez mais para uma produção de customização em massa. Para combater essa problemática, a empresa decidiu implementar um novo método de abastecimento às linhas de montagem: o kitting.

4.2 Objectivos

O objectivo destes projeto é estudar a implementação do processo de kitting na linha HC do sector Montagem. , O CPMG pretende com este projeto alcançar os seguintes objectivos:

Aumentar a flexibilidade do processo produtivo

O aumento da flexibilidade do processo produtivo tornou-se um objetivo primordial, como consequência das tendências atuais e futuras que visam para cada vez para o aumento de diversidade e mudanças constantes das versões de veículos produzidos. Através do kitting espera-se um aumento na flexibilidade do processo, fazendo com que cada componente que é acrescentado, modificado ou removido apenas tenha impacto direto na zona de kitting.

Reduzir ao máximo os componentes em bordo de linha

A redução dos componentes em bordo de linha torna-se essencial devido ao grande problema atual da falta de espaço. A concentração dos stocks numa zona de kitting permite afastar da linha de montagem todo o processo de abastecimento. Também se pretende com esta concentração um melhor e mais rápido controlo dos componentes e inventários.

Melhoria da performance da linha de montagem

Os kits de materiais irão contribuir para a eliminação de operações dos operadores da linha de montagem, nomeadamente, os vários deslocamentos ao bordo de linha para abastecimento dos componentes, assim como o tempo de procura de componentes corretos. Pretende-se que a estrutura de kit já apresente os componentes numa forma e posição que facilite, quer o abastecimento do mesmo ou a retirada em linha por parte do operador.

Diminuir os riscos de segurança

Através da apresentação dos componentes juntos aos veículos na estrutura de kit, é esperado uma diminuição dos riscos de segurança associados às deslocações do operador e ao *picking* dos componentes. Também é esperada uma diminuição dos riscos de segurança associados aos fluxos logísticos de distribuição, onde apenas irão circular os meios de abastecimento de kits.

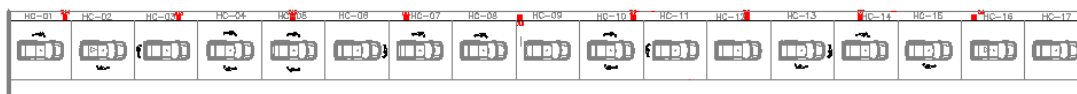
Baseado no referencial interno para a implementação de kitting, o estudo pretende dar conhecimento dos impactos e necessidades da aplicação de kitting no CPMG no setor da logística.

4.3 Definições

4.3.1 A linha de Montagem

Como referido, o objetivo do projeto é estudar a implementação de kitting na Linha HC do sector Montagem. A empresa conduziu uma análise a todos os setores para entender onde o kitting poderia trazer maiores benefícios. O setor da Ferragem é constituído por componentes de grandes dimensões e o setor da Pintura por poucos componentes, pelo que estes setores não foram considerados como ponto inicial. O setor da Montagem mostrou-se ser o mais adequado para a implementação de este tipo de política de abastecimento. Das três linhas do sector Montagem, a empresa decidiu focar-se na linha HC como ponto de partida. Devido aos grandes volumes de componentes essencialmente pequenos e facilmente manuseáveis. Tendo em conta esse facto, pretende-se então abastecer todos os componentes da linha HC em kitting.

Composição



Esta Linha é composta por 3 módulos, 15 passos de trabalho e 17 postos de trabalho. Dependendo do passo de trabalho, o veículo tem 4 zonas de trabalho por cada passo de trabalho: traseira, dianteira, esquerda e direita.

O tempo de ciclo da linha é de 4,5 minutos e o último passo de trabalho, HC-16, é um posto de qualidade. Nesse passo é verificado se o veículo não apresenta algum tipo de inconformidade em relação aos componentes montados ao longo da linha HC.

Ao longo desta linha também se encontram automatismos pesados que auxiliam a montagem de determinados componentes ou preparações, como o quadro de bordo do veículo.

4.3.2 Localização do processo de kitting

Para implementação do processo de kitting, foram analisadas duas localizações possíveis de acordo com o espaço disponível na planta da fábrica.

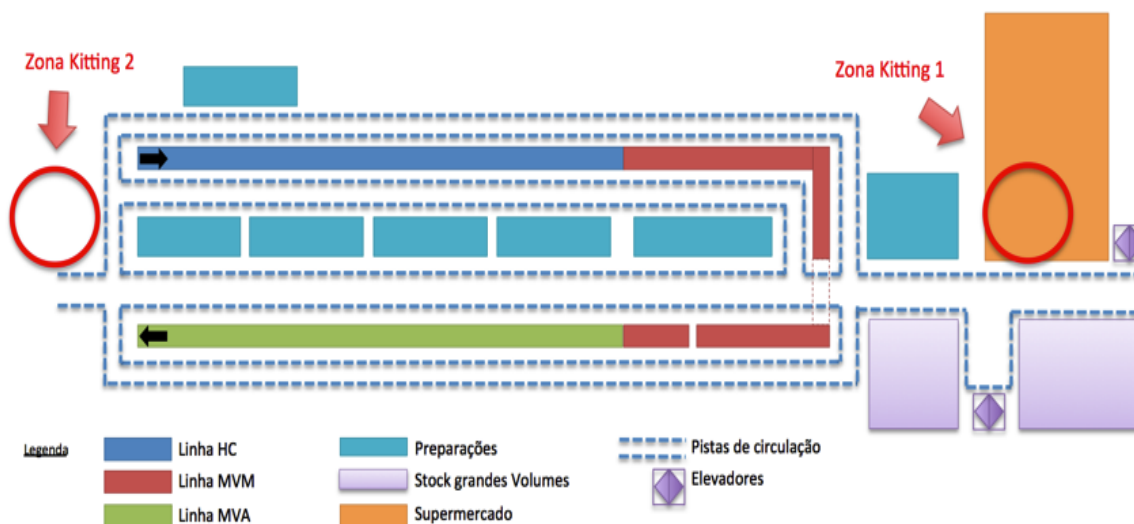


Figura 29 - Zonas de kitting

Zona Kitting 1

A primeira zona de kitting é dentro do supermercado. Depois de analisado, o supermercado tem área disponível e o objetivo com a implementação do processo de kitting nesta localização é de manter o processo numa zona centralizada.

Zona Kitting 2

A segunda zona de kitting está situada numa área adjacente ao início da linha HC. A área disponível é mais pequena que na zona apresentada anteriormente. A descentralização do processo de kitting pode ser vantajoso dada a proximidade da linha de montagem

4.3.3 O processo de picking

A empresa pretende determinar e também obter uma análise acerca do processo de *picking*, para conseguir determinar a melhor solução relativamente a quantos recursos e/ou investimentos necessários. É pretendida uma análise quantitativa acerca do processo de picking tradicional e o processo de picking assistido através do sistema *pick-to-light*.

4.4 Planeamento

A empresa delineou um planeamento para o estudo (figura 30), envolvendo vários setores da fábrica em todo o estudo.

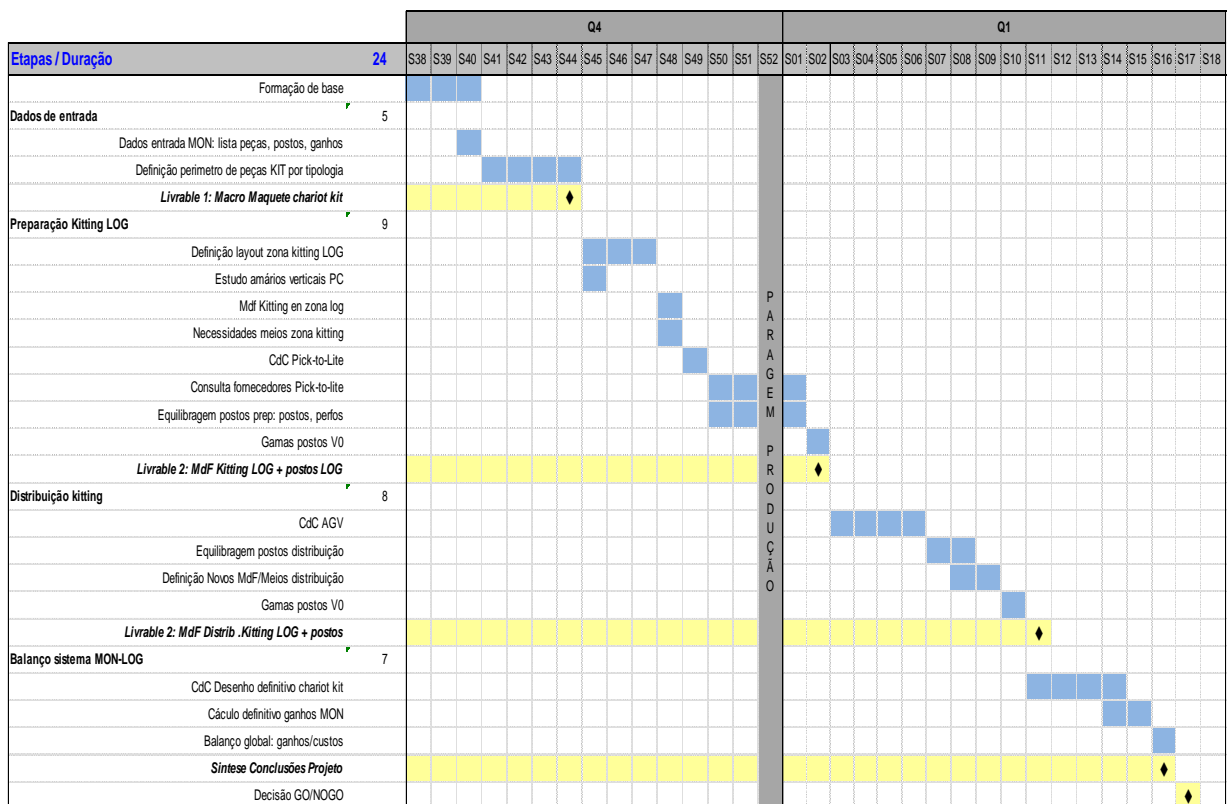


Figura 30 - Planeamento projeto kitting

O planeamento foi dividido em quatro fases:

Fase 1 - Análise dos componentes

Esta primeira fase tem como objetivo a obtenção da lista de todos os componentes que irão integrar o kit. Essa lista deverá conter todas as informações relevantes sobre os componentes como o local de consumo da linha de montagem, local de armazenagem, circuito de distribuição, dimensões das embalagens e quantidades e consumo médio.

A filtragem dos componentes será conduzida de acordo com o referencial kitting interno do Grupo PSA Peugeot Citroen.

Fase 2 – Zona kitting

O objetivo desta fase é obter o planeamento de toda a zona de kitting:

- Localização do processo de kitting;

Foi conduzido um estudo prévio acerca da possibilidade de implementação nas duas zonas através de um factor: espaço;

- Layout e fluxos;

O layout da zona de kitting foi projetado e desenhado de acordo com o modelo de implementação de SevelNord mas adaptado às necessidades e políticas do CPMG.

- Modo de funcionamento

Também foi adotado o modelo implementado em SevelNord.

Fase 3 - Distribuição

Para a distribuição, a empresa pretende que seja feita através de *Automated Guided Vehicles* (AGV). O setor da Logística conduziu um estudo preliminar para determinar qual o circuito mais apropriado, sendo o restante estudo realizado pelo setor da Montagem. O estudo realizado pela logística tem como objetivo o cálculo prévio do tempo de entrega dos kits desde da zona de kitting até ao início do bordo de linha HC, tendo em conta todos os obstáculos e possíveis paragens.

Fase 4 - Desenho dos kits

No desenho dos protótipos participaram vários setores, nomeadamente o da Logística, Montagem, Qualidade, Unidade Técnica do Centro e Equipa Kaizen. Foi iniciada a construção dos protótipos, esquerdo e direito correspondentes aos dois lados da linha de Montagem respetivamente. A Logística teve como papel assegurar que todos os componentes pudessem ser abastecidos e retirados independentemente uns dos outros.

5. Aplicação

5.1 Análise dos componentes

Neste primeira fase, foi realizada uma análise a todos os componentes envolvidos na Montagem ao longo da Linha HC, do sector Montagem. De cada componente, foi retirada uma amostra de uma unidade e foram separados segundo as normas do referencial interno, de acordo com o seguinte fluxograma (figura 31):

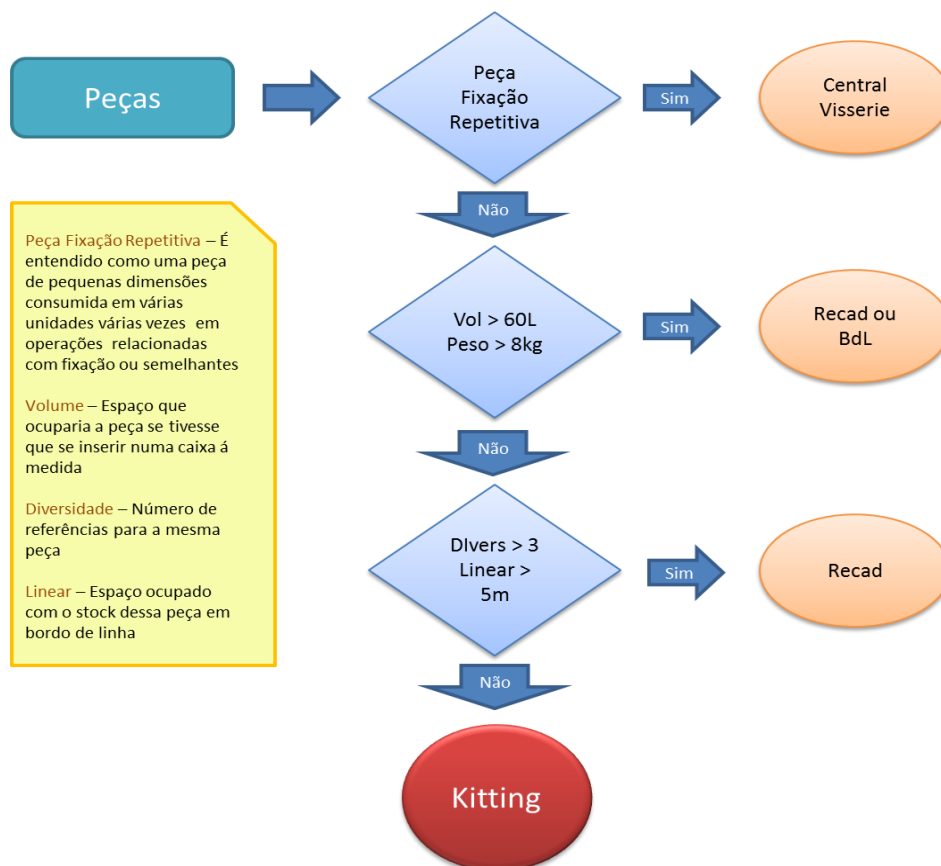


Figura 31 - Fluxograma filtragem componentes referencial interno

Foi realizada a recolha dos componentes em bordo de linha excluindo as peças de fixação repetitiva. De acordo com a definição do referencial interno do grupo, uma peça de fixação repetitiva é uma peça de pequena dimensão consumida em várias unidades, várias vezes em operações relacionadas com fixação ou semelhantes. A identificação das mesmas foi feita através do contacto com os responsáveis de produção e operários da linha de montagem em estudo.

Os componentes resultantes são apresentados na tabela 7 e gráfico 3.

Passos de Trabalho	Nº de referências de componentes PC	Nº de referências de componentes GV	Nº total de referências
HC01G	4	0	4
HC02D	10	5	15
HC03R	33	1	34
HC04G	6	0	6
HC04D	14	0	14
HC05D	8	2	10
HC05G	5	2	7
HC06A	15	1	16
HC07G	18	0	18
HC08G	11	1	12
HC10G	4	2	6
HC10D	8	1	9
HC11R	23	5	28
HC13D	5	2	7
HC13A	11	0	11
HC14G	9	2	11
HC15D	8	0	8
TOTAL	192	24	216

Tabela 7 - Componentes em bordo de linha HC

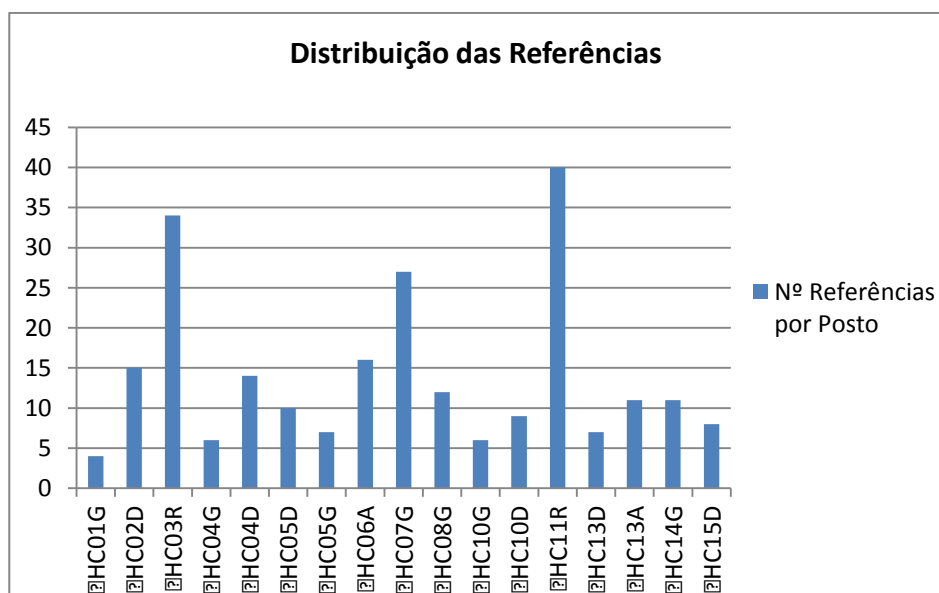


Gráfico 3 - Distribuição componentes bordo de linha HC

De seguida foi verificado se existem componentes com volumes superiores a 60L e/ou peso superior a 12,5kg. Resultante desta filtragem foram identificadas duas referências (tabela 8).

Posto de trabalho	PC	GV	TOTAL
HC11R	2	0	2

Tabela 8 - Componentes filtragem peso e volume

Por último foi verificado se existiam componentes com uma diversidade superior a 3 e um linear em armazém superior a 5 metros. Foram identificadas 14 referências de um componente, de acordo com a tabela 9.

Posto de trabalho	PC	GV	TOTAL
HC03R	14	0	14

Tabela 9 - Componentes filtragem diversidade

No final desta filtragem ainda foram identificados componentes com elevados riscos de qualidade, duas referências de um componente de acordo com a tabela 10.

Posto de trabalho	PC	GV	TOTAL
HC07G	0	2	2

Tabela 10 - Componentes filtragem qualidade

Resultados

O resultado da análise dos componentes é de seguida apresentado nas tabelas 11, 12 e gráficos 4 e 5.

Tipo de componente	Nº Referências	
Componentes Kitting	198	46,9%
PFR	185	43,8%
Componentes sequenciados	21	5%
Componentes volumosos	2	0,5%
Componentes diversificados	14	3,3%
Componentes de qualidade	2	0,5%
TOTAL	422	100%

Tabela 11 - Componentes bordo de linha HC

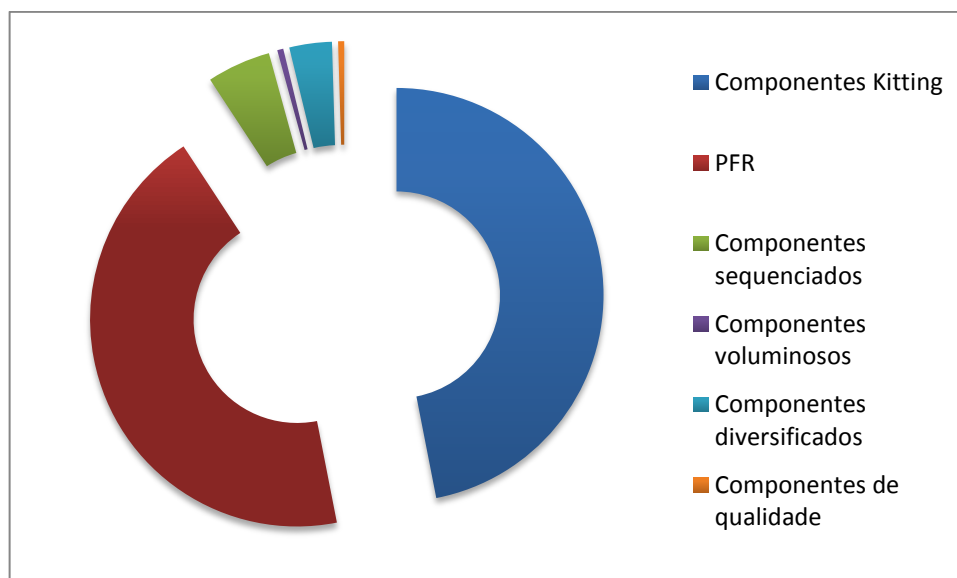


Gráfico 4 - Repartição componentes de linha HC por tipologia

	TOTAL
Todos os componentes	422
Sem PFR	206
Sem componentes sequenciados	216
Sem componentes voluminosos	214
Sem componentes diversificados	200
Sem componentes de qualidade	198

Tabela 12 - Resultados análise componentes

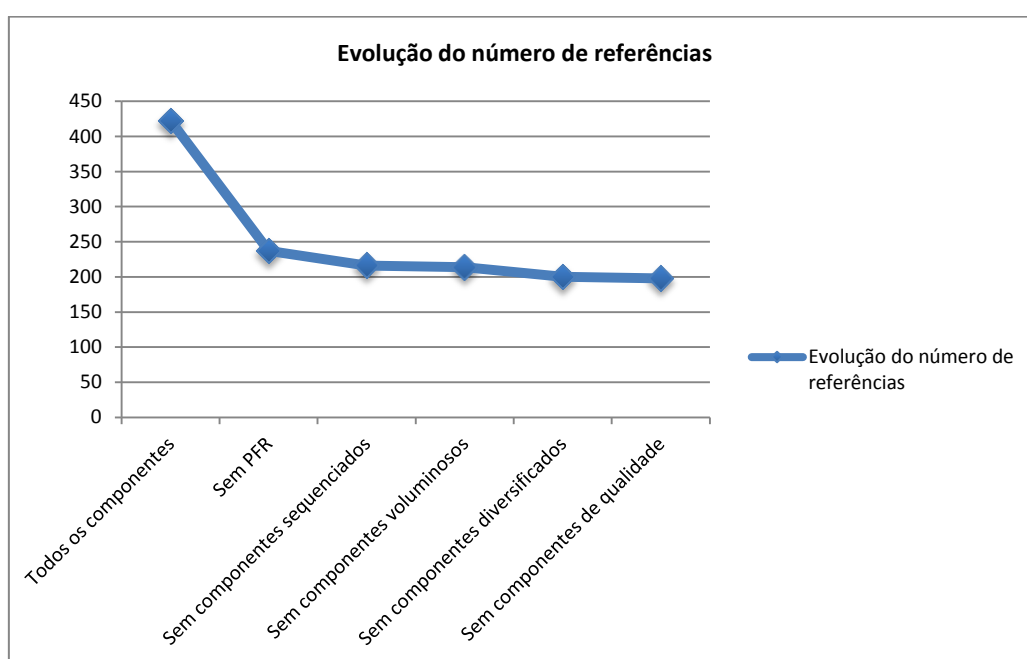


Gráfico 5 - Evolução do número de referencias

Conclusões

Podemos observar pelas tabelas 11 e 12 e gráficos 5 e 6 que existe um número considerável de peças de fixação repetitiva (43,8%). Não sendo esses componentes incluídos nos kits, o número de componentes é reduzido consideravelmente de 422 referências para 206 referências. Esta linha de montagem também tem um pequeno número de componentes volumosos, cerca de 0,5%, sendo que estes componentes estão presentes, na sua maioria na linha MVM, montagem mecânica do veículo. Relativamente aos componentes com diversidades elevadas, eles estão presentes mas na sua maioria em diversidades baixas. No entanto os restantes componentes com diversidades mais elevadas já se encontram abastecidos em *sequencing*.

Através desta filtragem, foram identificadas 198 referências, cerca de 46,9% da linha de montagem HC, que irão fazer parte integrante do kit, como método de abastecimento.

5.2 Zona Kitting

5.2.1 Localização do processo de kitting

O CPMG tem duas possíveis localizações para o processo de kitting (figura 29): zona de kitting integrada no supermercado ou zona de kitting descentralizada.

Área Necessária

O cálculo da área necessária foi efetuado de acordo com a seguinte figura:

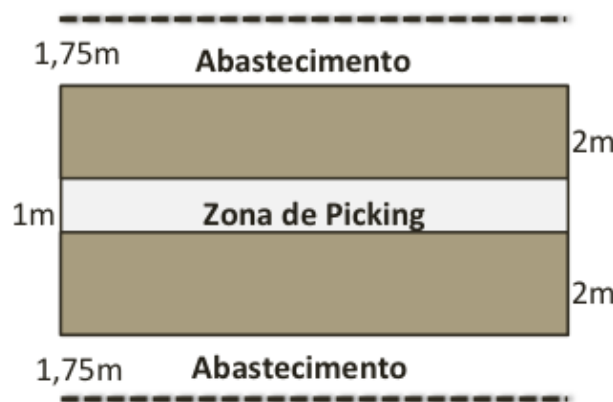


Figura 32 - Layout de referencia

Os kanbans que são atualmente utilizados no supermercado heterogêneo (figura 33) foram definidos pela empresa como os kanbans a implementar para a zona kitting.

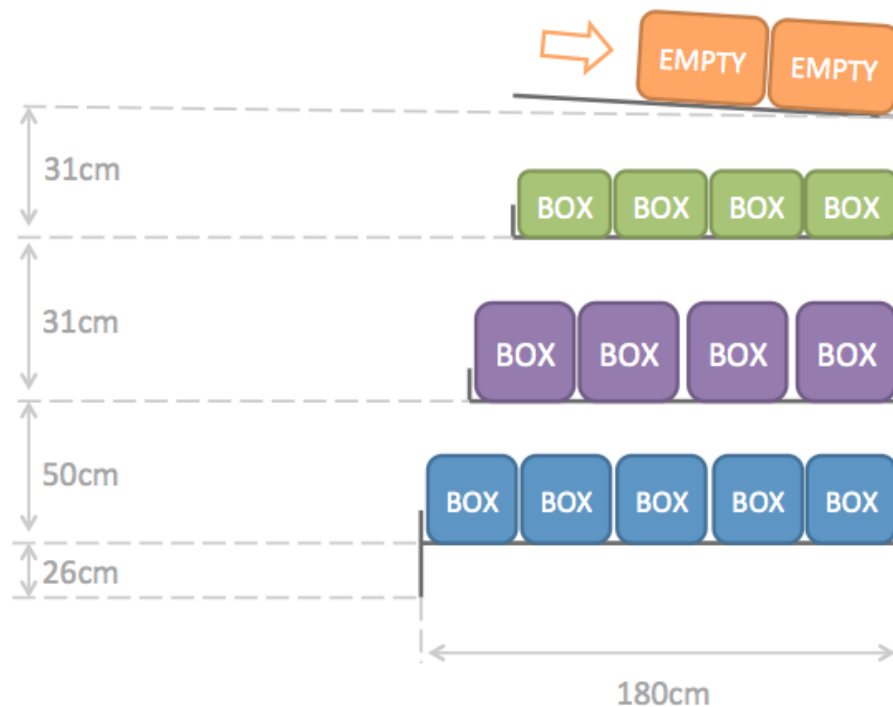


Figura 33 - Estrutura Kanbans Supermercado

De acordo com o layout de referência (figura 32), foi necessário o cálculo do linear para determinar a área necessária. O cálculo foi efetuado com base nas dimensões dos contentores no caso de GV e dimensão em largura do caso de PC. Os PC são ainda distribuídos em kanbans por 3 prateleiras em altura, de acordo com a figura 33. A seguinte fórmula foi usada para o cálculo do linear necessário:

$$Linear = \frac{\sum Largura embalagens dos PC}{3} + \sum Largura dos contentores$$

A área necessária foi calculada a partir da seguinte fórmula:

$$Área Necessária = (2 * 2 + 1,75 * 2 + 1) * Linear$$

Na tabela 13 encontram-se os resultados dos cálculos efetuados. Podemos concluir que para a implementação do processo de kitting dos componentes filtrados no capítulo anterior são necessários cerca de 284,31 metros quadrados (tabela 13).

	GV (m)	PC (m)	Linear (m)	Total (m2)
Linha HC	31,90	104,98	66,90	284,31

Tabela 13 - Resultados Cálculo Linear Zona Kitting

Área disponível

Para cálculo da área disponível foi usada uma planta, em AutoCAD, da implantação da fábrica, a partir da qual foram medidas as áreas e foram verificadas no terreno para ratificação de valores.

➤ Zona kitting 1

A zona kitting 1 é composta por 600 m² atualmente ocupados com o supermercado heterogêneo. Simultaneamente a este estudo, a logística realizou um estudo para otimização do supermercado heterogêneo. A área disponível prevista é igual a 296 m², apresentado na tabela 14.

Supermercado Heterogêneo	Área Total	Área Disponível	Área Adicional Disponível (Otimização)	Área Ocupada com Componentes linha HC	Área disponível Prevista
	600 m ²	100 m ²	46 m ²	150 m ²	296 m ²

Tabela 14 - Áreas Supermercado Heterogêneo

➤ Zona kitting 2

A zona kitting 2 (figura 33) tem uma área de cerca de 170 m², não tendo área suficiente para implementar a totalidade do processo de kitting que necessita de um total de 284,31 m². Ainda foi verificada a proporção de linha de montagem, cuja área de kitting pudesse ser implementada na zona de kitting 2: os passos desde HC01 a HC10 totalizam uma área necessária de 170m² em zona kitting. Foi proposta à empresa a descentralização da zona de kitting destes 10 passos de trabalho para a zona de kitting 2.

Conclusões

Todos estes resultados foram apresentados à empresa que decidiu não descentralizar o processo de kitting da zona de stock, optando por definir a zona de kitting 1 como solução para implementação da totalidade do processo de kitting.

5.2.2 Layout da zona kitting

Para o desenho do layout da zona kitting, foi adaptado o modelo de SevelNord (figura 34) às necessidades e políticas do CPMG. De acordo com a principal política do CPMG que tem como foco a segurança dos colaboradores, pretende-se que não existam cruzamentos nem interferências entre os fluxos de máquinas e os operadores de picking.

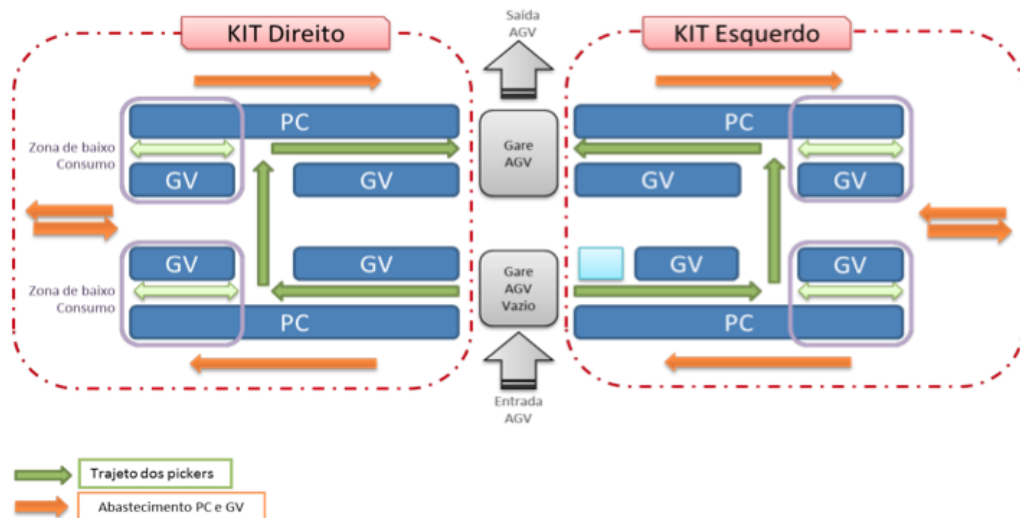


Figura 34 - Layout zona kitting Sevelnord

Resultados

De acordo com a figura 34, existe um cruzamento de fluxos no abastecimento dos GV e esse fluxo tem que ser suprimido. Para tal, optou-se por uma simetria “em espelho” lateralmente, que permite que os GV sejam abastecidos pelos empilhadores nas zonas em formas de U de ambos os lados. Os restantes kanbans continuaram a ser abastecidos com ajuda do porta-paletes. O trajeto do operador de *picking* é em forma de U, onde de um lado constam os kanbans de PC e, do outro lado, os GV.

Nesta fase do projeto ainda não foi possível definir a localização do ponto de partida dos kits para a distribuição, sendo que a passagem pelo meio da zona foi deixada provisoriamente para o estudo sobre a distribuição mais tarde. O desenho final do layout apresentado à empresa (figura 35), foi projetados e desenho pela equipa da logística e satisfaz todos os requisitos apresentados.

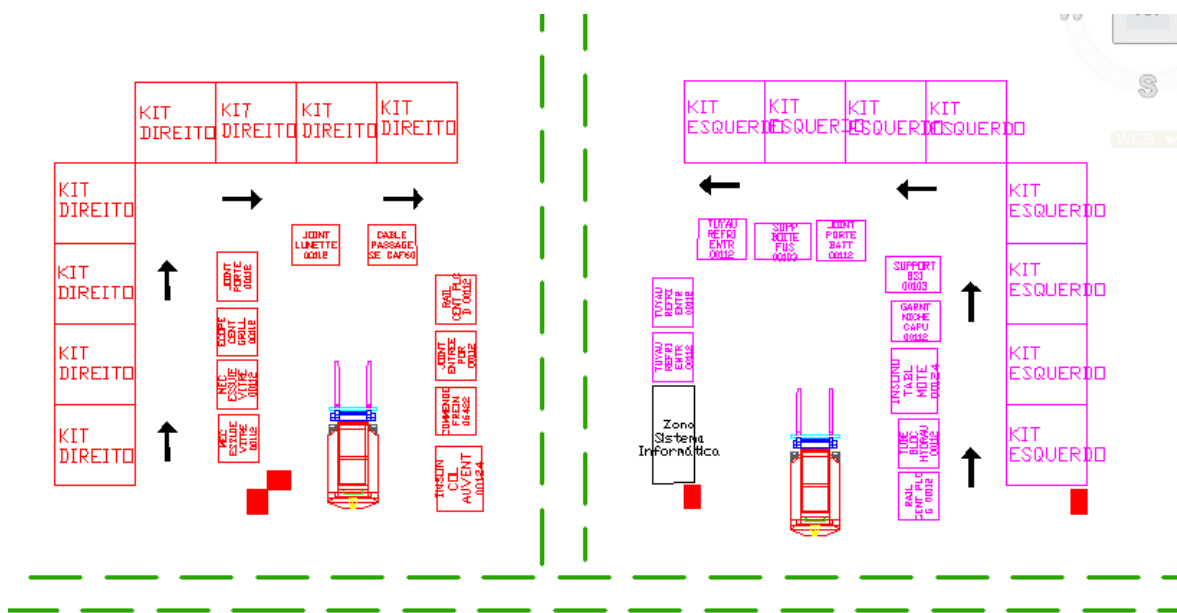


Figura 35 - Layout zona kitting

5.2.3 Recursos humanos zona kitting

Atualmente não existe qualquer processo de kitting em funcionamento, ou seja, para qualquer futura implementação de kitting será necessário a alocação de recursos humanos. No entanto existe a possibilidade da empresa recorrer a sistemas *pick-to-light* caso o sistema de *picking* tradicional não permita satisfazer as necessidades de tempo. De acordo com o responsável pelo processo de kitting de SevelNord e após contacto com um comercial de sistemas *pick-to-light* podemos concluir que serão eliminadas várias tarefas com a sua implementação (figura 36). As tarefas inicialmente listadas são as tarefas identificadas por Brynzer & Johansson (1995), e o comparativo entre as tarefas dos dois sistemas é apresentado na figura 36.

Para o processo de kitting, a empresa definiu que um máximo de dois operadores no processo de *picking*, um para cada kit, kit direito e kit esquerdo.

Comparação Sistemas de Picking	Sistema Picking tradicional	Sistema Pick-to-light
Picking	✓	✓
Colocação dos componentes na estrutura	✓	✓
Preparação de materiais para o picking	✓	
Leitura e identificação dos componentes	✓	
Deslocação até ao componente em bordo de linha	✓	
Deslocação com a estrutura	✓	✓
Tempo de espera		
Actividades inesperadas	✓	
Manuseamento de embalagens de armazém	✓	
Manuseamento de embalagens de picking	✓	✓
Trabalho administrativo	✓	
Controlo	✓	
Ajustamentos	✓	✓

Figura 36 - Comparativo Sistemas de picking

A metodologia adotada foi a seguinte:

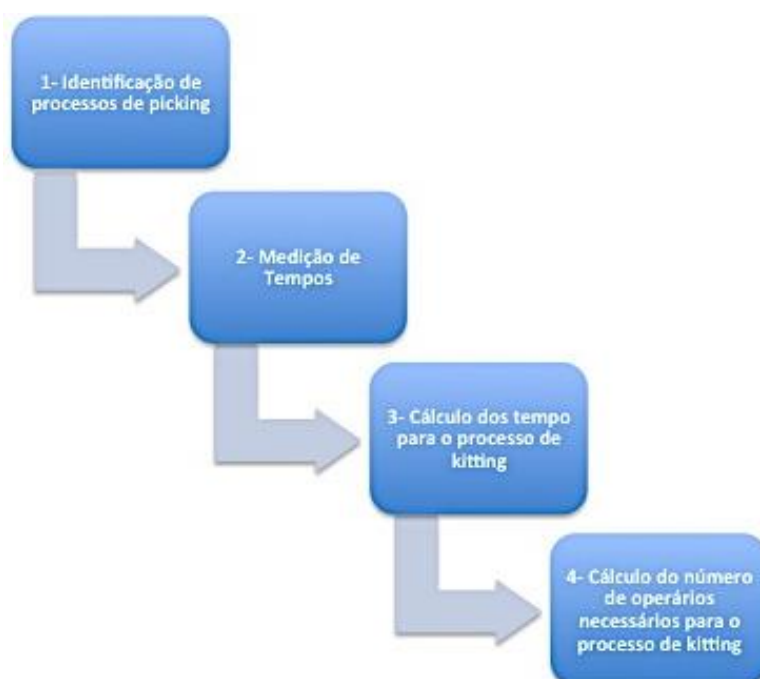


Figura 37 - Metodologia zona picking

1. Identificação de processos de picking

Os processos de *picking* já existem na zona dos componentes sequenciados e foram identificados dois postos de trabalho dedicados à preparação de estruturas com componentes manuseáveis manualmente. Nestes dois postos são abastecidos 6 tipos de estruturas: *Guarnição ESQ*, *Guarnição DIR*, *Potes limpa-vidros*, *Consolas*, *Tampões e Lanternas*.

2. Medição de tempos

Foram tiradas várias medições dos processos de *picking*, a dois postos de trabalho e a dois operadores. Segundo as tarefas identificadas por Brynzer & Johansson (1995), foram apenas contabilizadas as tarefas segundo a figura 36, identificadas como processo de *picking* tradicional. O tempo de espera não foi contabilizado porque cada operador tem tarefas para além dos abastecimentos da estrutura dos síncronos, o que iria gerar tempos de espera muito elevados.

A recolha de dados foi feita aleatoriamente aos dois operadores, os resultados foram recolhidos com um cronómetro e os tempos registados num formulário (figura 38).

Registo de Medições			PSA PEUGEOT CITROËN		
DI/DMCV/CPMG/CPL/LOG					
Auditor: Pedro Daniel Lopes			Data: 24/01/2014		
Posto: MON_REC_1			Operador:		
Sector: LOG			Hora Início: 07:00		Hora Fim: 15:00
Turno: B			Intervalo: 10:45 às 13:30		
Produção:			Nº VP:		Nº VU:
Nº	Tipo de RECAD	Duração	Quantidade	Hora	Notas / Comentários
1	Guarnição ESQ	3:58:25	36		
2	Guarnição DIR	3:28:33	32		
3	Potes Limpa Vidros	0:57:51	10		
4	Potes Limpa Vidros	1:06:07	10		
5	Consolas	2:15:12	26		
6	Guarnição DIR	3:05:31	30		
7	Guarnição ESQ	3:39:33	35		
8	Tampões	1:08:27	8		
9	Tampões	0:55:06	8		

Figura 38 - Formulário registo de medições

Componentes Sequenciados	Quantidade de componentes abastecidos	Tempo	Tempo em minutos	Média de Peças por Minuto
Guarnição ESQ	36	3:58:25	3,974	9
Guarnição DIR	32	3:28:33	3,476	9
Potes Limpa Vidros	10	0:57:51	0,964	10
Potes Limpa Vidros	10	1:06:07	1,102	9
Consolas	26	2:15:12	2,253	12
Guarnição DIR	30	3:05:31	3,092	10
Guarnição ESQ	35	3:39:33	3,659	10
Tampões	8	1:08:27	1,141	7
Tampões	8	0:55:06	0,918	9
Guarnição DIR	30	3:24:32	3,409	9
Guarnição ESQ	36	3:55:02	3,917	9
Lanternas	20	2:10:09	2,169	9
Lanternas	20	1:58:56	1,982	10
Tampões	8	0:58:38	0,977	8
Tampões	8	0:49:31	0,825	10
Guarnição DIR	30	3:35:25	3,590	8
Guarnição ESQ	36	3:33:14	3,554	10
Lanternas	20	1:44:08	1,736	12
Lanternas	20	1:42:37	1,710	12
Tampões	8	1:04:38	1,077	7
Tampões	8	0:49:37	0,827	10
Consolas	26	2:12:33	2,209	12
Potes Limpa Vidros	10	0:51:13	0,854	12
Guarnição DIR	32	3:08:35	3,143	10
Guarnição ESQ	38	3:15:35	3,260	12
Consolas	28	2:40:24	2,673	10
Guarnição DIR	30	3:32:11	3,536	8
Guarnição ESQ	36	3:15:35	3,260	11
Tampões	8	0:45:55	0,765	10
Potes Limpa Vidros	10	0:51:13	0,854	12
Tampões	8	0:49:14	0,821	10
Lanternas	20	1:44:13	1,737	12
Guarnição ESQ	38	3:29:30	3,492	11
Guarnição DIR	32	3:16:24	3,273	10
Consolas	26	2:15:12	2,253	12
Tampões	8	0:51:48	0,863	9
Tampões	8	0:53:02	0,884	9
Consolas	27	2:12:25	2,207	12
Guarnição ESQ	37	3:13:59	3,233	11
Guarnição DIR	25	2:24:22	2,406	10
Potes Limpa Vidros	10	0:49:46	0,829	12
Consolas	26	1:50:26	1,841	14
Lanternas	20	1:45:42	1,762	11
Guarnição ESQ	37	3:05:01	3,084	12
Guarnição DIR	31	2:26:34	2,443	13
Tampões	8	0:54:38	0,911	9
Potes Limpa Vidros	10	0:51:13	0,854	12
Tampões	8	0:55:51	0,931	9
Potes Limpa Vidros	10	0:44:55	0,749	13
Guarnição ESQ	38	3:39:39	3,661	10
Guarnição DIR	29	2:25:13	2,420	12
Tampões	8	1:05:21	1,089	7
Guarnição ESQ	38	3:58:49	3,980	10
Guarnição DIR	29	3:48:47	3,813	8
Consolas	24	1:53:28	1,891	13
Lanternas	20	2:24:24	2,407	8
Potes Limpa Vidros	10	0:51:49	0,864	12
Tampões	8	1:03:09	1,053	8
Consolas	26	3:53:44	3,896	7
Lanternas	20	2:53:21	2,889	7
Tampões	8	1:14:29	1,241	6
Guarnição DIR	29	2:50:20	2,839	10
Tampões	8	1:17:55	1,299	6
Potes Limpa Vidros	10	1:04:41	1,078	9

Tabela 15 - Medições

A partir de uma análise dos dados obtidos (tabela 15), foi calculada uma média ponderada (gráfico 6), a partir da qual se retira que a quantidade de peças por minuto oscila entre valores mínimos de 6 e valores máximos de 14. A média considerada para apresentar à empresa é cerca de 10 componentes por minuto.

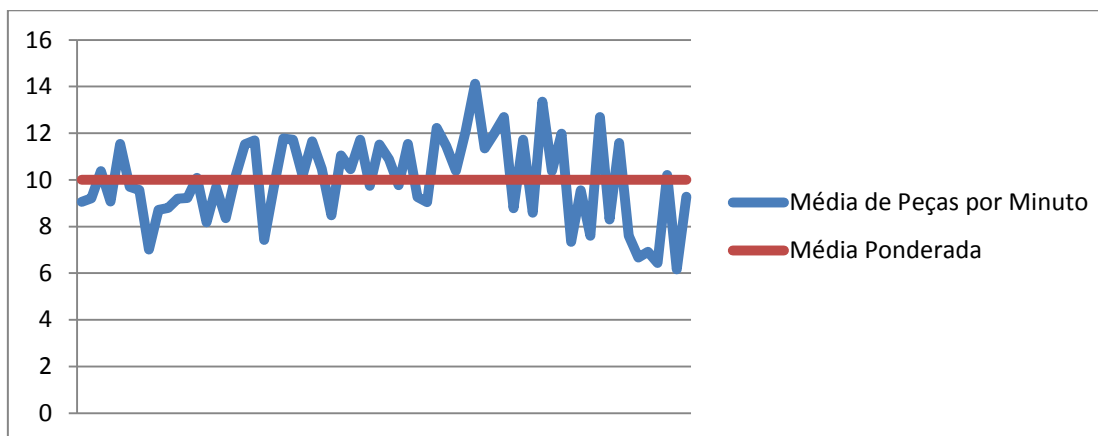


Gráfico 6 - Resultados medições

3- Cálculo dos tempo para o processo de kitting

Para determinar o tempo necessário para abastecimento, foi utilizado o número de componentes que são necessários para a montagem de 60% dos veículos no mês de Abril, que é uma média de 144 componentes / veículo. A uma média de 10 componentes por minuto, o abastecimento de 144 componentes demorará cerca de 14,4 minutos.

4- Cálculo do número de operários necessários para o processo de kitting

Dado que o tempo de ciclo da linha de montagem é de 4,5 minutos, serão necessários 3,2 unidades de recursos humanos, ou seja 4 operadores.

Dado que o número de operadores ultrapassa as limitações impostas pela empresa, foi efetuado uma breve análise para verificar se o sistema *pick-to-light* satisfaz as restrições. Para obter uma análise quantitativa sobre o processo de *picking* com sistemas *pick-to-light* foram utilizadas referências do referencial interno e de SevelNord (tabela 16).

Tempos de Referência	<i>Picking</i> tradicional (Lista de picking)	<i>Pick-to-light</i> (SevelNord)
Tempo (Peças / minuto)	10	20

Tabela 16 - Tempos de referência

Tempo de Abastecimento (144 componentes)	<i>Picking</i> tradicional (min)	<i>Pick-to-Light</i> (min)
Tempo de Abastecimento 1 Operador	14,4	7,2
Tempo de Abastecimento 2 operadores	7,2	3,6

Tabela 17 - Resultados tempos de abastecimento

Podemos observar pela tabela 17 que o único tempo de abastecimento que satisfaz a linha de montagem com um máximo de dois operadores é através do sistema *pick-to-light*. A empresa concluiu que seria necessário investir num sistema *pick-to-light* para conseguir assegurar o funcionamento do processo de kitting com um máximo de dois operadores.

5.3 Distribuição

Nesta fase, o setor da Logística tem como objetivo analisar previamente as várias alternativas para a distribuição dos kits desde do seu ponto de recolha, zona do supermercado, até ao início da linha de montagem HC. Existem três corredores para analisar sendo que o corredor entre a linha de montagem HC e as preparações é de sentido único, circulando-se apenas da esquerda para a direita.

Neste estudo sobre a distribuição são identificados os obstáculos e possíveis dificuldades para a circulação dos mecanismos de abastecimento do kit.

Existem 2 obstáculos nos circuitos em estudo (figura 39):

- Transportador de portas no início da linha HC (tempo de paragem: 1minuto.)
- Transportador do veículo na linha MVM (tempo de paragem: 1minuto.)

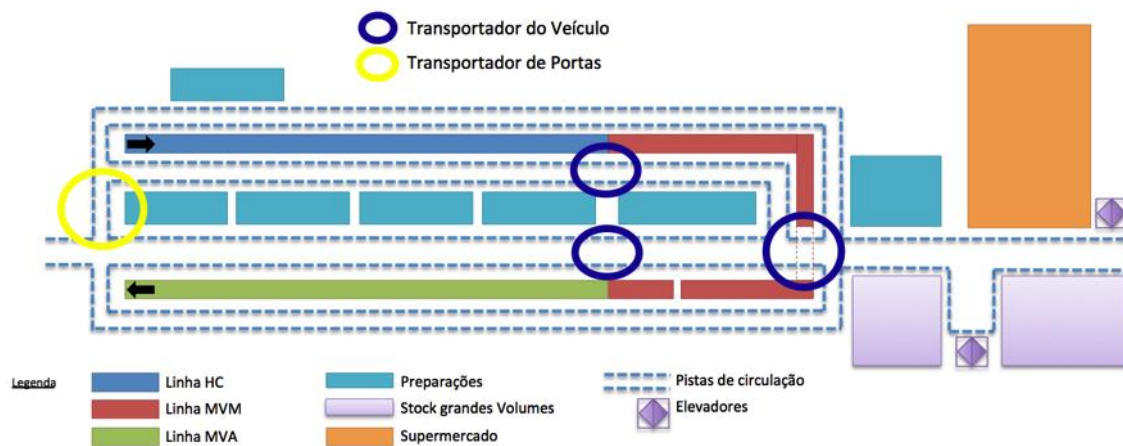


Figura 39 - Obstáculos Distribuição

Existem três circuitos alternativos para a distribuição:

1. Pista central e regresso pelo interior das linhas (figura 40)

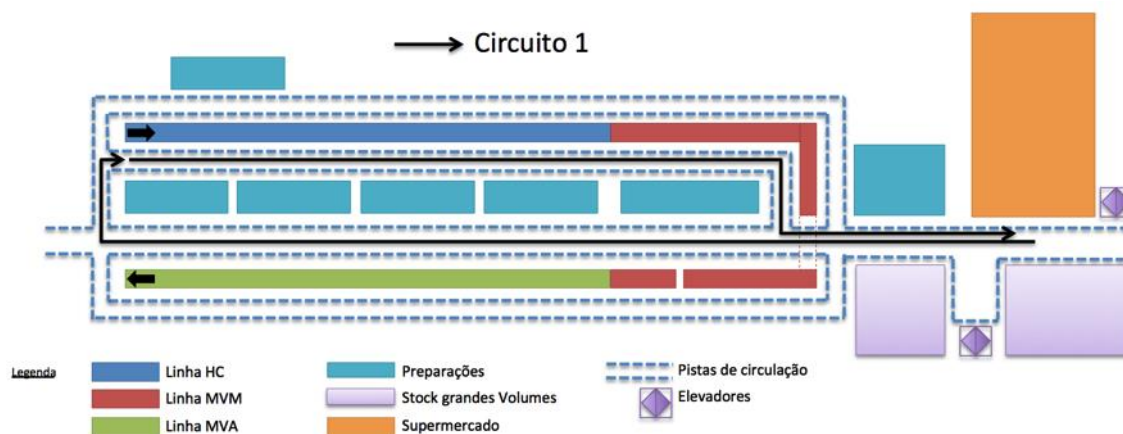


Figura 40 - Esquema Circuito 1

2. Pista central e regresso pelo corredor lateral (figura 41)

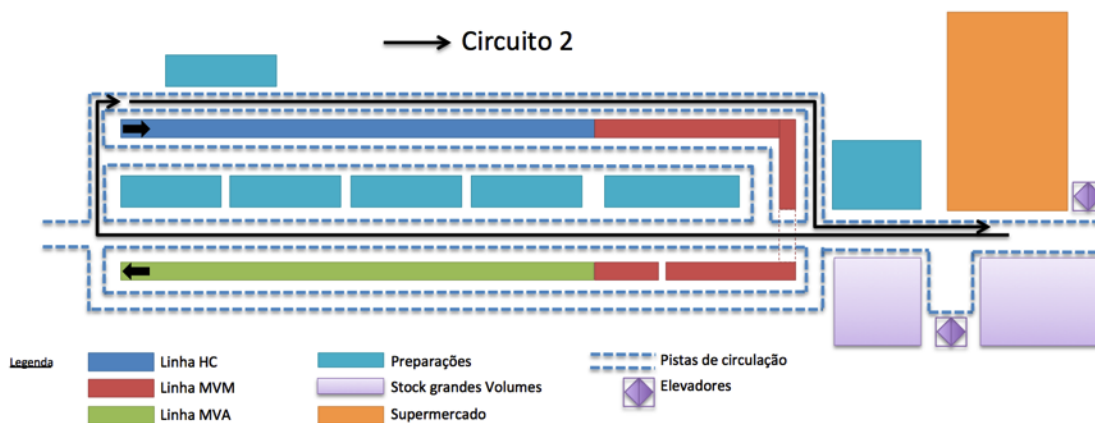


Figura 41 - Esquema Circuito 2

3. Corredor Lateral (figura 42)

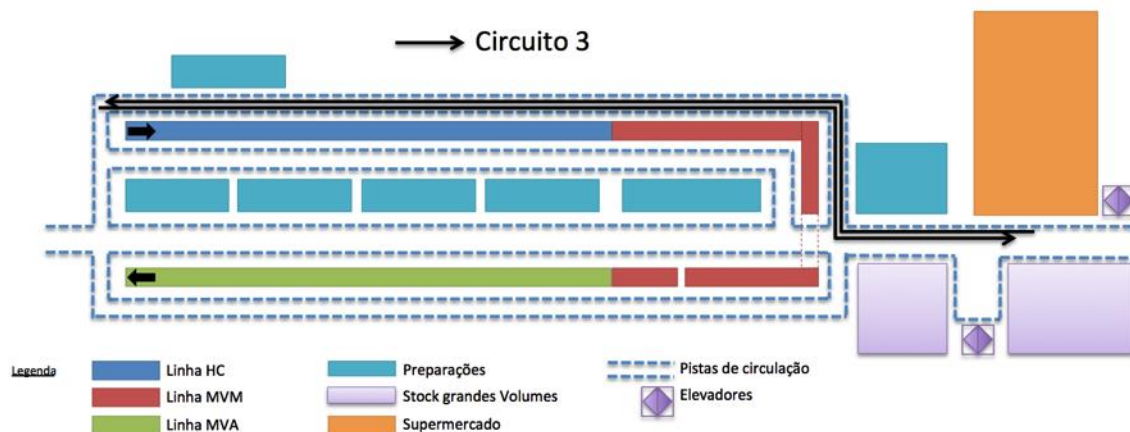


Figura 42 - Esquema Circuito 3

Resultados

Em virtude do elevados obstáculos pelo corredor central, a empresa decidiu optar pelo circuito número 3. Este circuito, de acordo com a tabela 18, não tem qualquer obstáculo e as pistas de circulação do circuito 3 não têm quaisquer outros fluxos associados permitindo assim uma otimização do circuito de distribuição e uma minimização dos fluxos nas outras pistas. O corredor lateral permite a passagem e regresso dos kits com uma largura máxima de 1,5 metros. Segundo a empresa, através do kitting na linha HC, também é possível deslocar maior parte dos fluxos do lado esquerdo da linha HC, nomeadamente de abastecimento das centrais *visserie* e limpeza da linha para o outro lado da linha. Com este circuito pretende-se garantir que os kits tenham o menos de obstáculos possíveis na sua distribuição, garantindo a otimização deste processo.

Comparativo circuitos	Tempo com obstáculo (min)	Existem outros fluxos?
Circuito 1	5	Sim
Circuito 2	3	Sim
Circuito 3	0	Não

Tabela 18 - Comparativo circuitos de distribuição

5.4 Desenho dos kits

O processo de construção dos protótipos iniciou-se com as dimensões externas dos kits usados em SevelNord que serviram de referência para começar o processo de construção. Os componentes foram inicialmente colocados em pequenos cestos de acordo com dois critérios: zona do veículo onde o componente é montado e posto de trabalho. Depois de todos os componentes terem sido separados e atribuídos a um cesto, foram separados dentro de cada cesto os componentes com riscos de qualidade. De seguida através de várias interações entre os vários sectores, os cestos começaram a ser colocados na estrutura inicial. O processo de melhoria contínua iniciou-se e os resultados são apresentados de seguida (figuras 43-48):



Figura 43 - Protótipos kits



Figura 44 - Protótipo kit esquerdo (frente)



Figura 45 - Cesto posto HC14



Figura 46 - Gaveta postos HC07-HC10



Figura 47 - Gaveta posto HC03



Figura 48 - Cesto posto HC06

6. Conclusões

Este projeto apresenta o desenho de um sistema de kitting aplicado a uma linha de indústria automóvel. Um das conclusões relativamente ao desenvolvimento de um sistema de kitting é que todas as fases do projeto estão ligadas em si (figura 48). Uma mudança nos componentes irá gerar mudanças na zona de kitting, no desenho dos kits e na distribuição dos mesmos. Podemos concluir que o desenho de um sistema de kitting é um processo de melhoria contínua onde a partir de uma solução inicial, são geradas soluções melhores após interações entre os sectores envolvidos, os quais devem ter uma excelente articulação e comunicação para o sucesso do projeto.

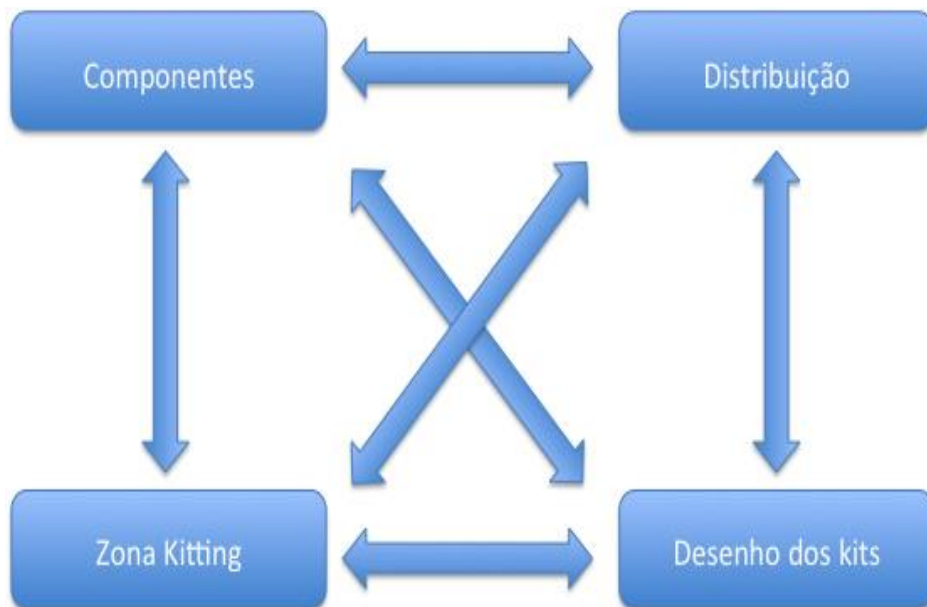


Figura 49 - Dependência das fases do desenho de um sistema de kitting

Deve ser referido que o projeto, maioritariamente, foi desenvolvido com base na experiência no seio do grupo, a nível internacional. O planeamento e desenho do sistema de kitting foi essencialmente realizado seguindo as metodologias do referencial interno e da experiência da fábrica de SevelNord. Sem esta experiência, todo o processo de estudo iria requerer uma análise muito mais demorada. No entanto, a literatura identifica uma série de métodos e problemas na aplicação de kitting nas linhas de montagem e as soluções propostas no referencial interno e aplicados em SevelNord têm muitas linhas comuns com a literatura referida.

A literatura e o referencial interno não identificam uma solução para a intergação das peças de grande volume nos kit. Relativamente às peças mais pequenas, como parafusos, porcas e obturadores por exemplo, as conclusões já divergem mas o grupo criou esta metodologia interna e pela experiência no grupo é considerada uma boa solução para evitar a integração destes componentes nos kits.

Uma das grandes dificuldades sentidas no desenho da proposta do sistema de kitting foi o pouco espaço disponível e a distância do stock ao início e fim das linhas do sector Montagem. A falta de espaço disponível fez com que a única zona de kitting possível fosse integrada no supermercado. No entanto, do lado da distribuição, também aumentam as dificuldades para fornecer o abastecimento.

A solução desenvolvida neste projeto, dadas as restrições da empresa, fornece a implementação de kitting possível para a empresa ao menor custo. Isto é, todas as restrições dadas foram avaliadas pela empresa e consideram-se extremamente dispendiosas de se eliminar, pelo que o desenho que este sistema de kitting para fábrica do CPMG foi considerado como o mais adequado.

A continuação deste estudo, sobre o desenho do sistema de kitting no CPMG, continua até hoje. Tendo sido alargada análise a outras linhas mas com todos os mesmos princípios e regras.

7. Referências bibliográficas

- Agervald O. (1980). Principer för Utformning av Monteringssystem.
- Alford, D., Sackett, P., Nelder, G., 2000. Mass customization - an automotive perspective. *International Journal of Production Economics* 65 (1), 99–110.
- Battini, D., M., F., A., P., F., S., 2009. Design of the optimal feeding policy in an assembly system. *International Journal of Production Economics* 121, 233–254.
- Boysen, N., Bock, S., 2011. Scheduling just-in-time part supply for mixed-model assembly lines. *European Journal of Operational Research* 211 (1), 15–25.
- Bozer Y.A. & McGinnis L.F. (1992). Kitting versus line stocking: A conceptual framework and a descriptive model. *International Journal of Production Economics* 28, pp. 1-19.
- Brynzer H., & Johansson M.I. (1995). Design and performance of kitting and order picking systems. *International Journal of Production Economics* 41, pp. 115-125.
- Carlsson, O., Hensvold, B., 2008. Kitting in a high variation assembly line - a case study at caterpillar bcp-e. Master Thesis.
- Chen, J. F., Wilhelm, W. E., 1993. An evaluation of heuristics for allocating components to kits in small-lot, multiechelon assembly systems. *International Journal of Production Research* 31 (12), 2835– 2856.
- Chen, J. F., Wilhelm, W. E., 1994. Optimizing the allocation of components to kits in small-lot, multiechelon assembly systems. *Naval Research Logistics* 41 (2), 229–256.
- Chen, J. F., Wilhelm, W. E., 1997. Kitting in multi-echelon, multi- product assembly systems with parts substitutable. *International Journal of Production Research* 35 (10), 2871–2897.
- Chen, J. F., 2003. Component allocation in multi-echelon assembly systems with linked substitutes. *Computers & Industrial Engineering* 45 (1), 43–60.
- Choobineh, F., Mohebbi, E., 2004. Material planning for production kits under uncertainty. *Production Planning & Control* 15 (1), 63– 70.
- Christmansson M., Medbo L., Hansson G.-Å, Ohlsson K., Unge Byström J., Möller T., & Forsman M. (2002). A case study of a principally new way of materials kitting- an evaluation of time consumption and physical workload. *International Journal of Industrial Ergonomics* 30, pp. 49-65.
- Corakci, M., 2008. An evaluation of kitting systems in lean production. Master Thesis.
- Ding, F., Puvitharan, B., 1990. Kitting in just-in-time production. *Production and Inventory Management Journal* 31 (4), 25–28.

Ding F.-Y. & Balakrishnan P. (1990). Kitting in Just-In-Time production. *Production and Inventory Management Journal* 31(4), pp. 25-28.

Ding, F. Y., 1992. Kitting in jit production: a kitting project at a tractor plant. *Industrial Engineering*.

Hanson, R., et al. (2012). "Assembly station design: a quantitative comparison of the effects of kitting and continuous supply." *Journal of Manufacturing Technology Management* 23(3): 315-327.

Hanson, R. and A. Brolin (2013). "A comparison of kitting and continuous supply in in-plant materials supply." *International Journal of Production Research* 51(4): 979-992.

Hua, S., Johnson, D., 2010. Research issues on factors influencing the choice of kitting versus line stocking. *International Journal of Production Research* 48 (3), 779–800.

Jiao J., Tseng M.M., Ma Q., & Zou Y. (2000). Generic bill-of-materials-and-operations for high variety production management. *Concurrent Engineering: Research and Application* 8(4), pp. 297-322.

Johansson, M.I., 1991. Kitting systems for small parts in manual assembly systems, in: M. Pridham and C. O'Brien (Eds), *Production Research Approaching the 21st Century*. Taylor & Francis, London, pp. 225-230.

Johansson E. & Johansson M.I. (2006). Materials supply systems design in product development projects. *International Journal of Operation & Production Management* 26(4), pp. 371-393.

Klampf, E., 2004. E-workcell application in a mixed-model automotive assembly environment. *Proceedings of 2004 JUSFA, 2004 Japan - USA Symposium on Flexible Automation*.

Limère, V., Van Landeghem, H., Goetschalckx, M., Aghezzaf, E.-H., McGinnis, L., 2011b. Optimizing materials feeding in the automotive industry: kitting and line stocking. *International Journal of Production Research*.

Limère, V. (2011). *To Kit or Not to Kit - Optimizing Part Feeding in Automotive Assembly Industry*. Doctor.

Limère, V., et al. (2012). "Optimising part feeding in the automotive assembly industry: deciding between kitting and line stocking." *International Journal of Production Research* 50(15): 4046-4060.

Medbo L. (2003). Assembly work execution and materials kit functionality in parallel flow assembly systems. *International Journal of Industrial Ergonomics* 31, pp. 263-281.

Ramachandran, S., Delen, D., 2005. Performance analysis of a kitting process in

stochastic assembly systems. *Computers & Operations Research* 32 (3), 449–463.

Ramakrishnan, R., Krishnamurthy, A., 2008. Analytical approximations for kitting systems with multiple inputs. *Asia-Pacific Journal of Operational Research* 25 (2), 187–216.

Schwind G.F. (1992). How storage systems keep kits moving. *Material handling engineering* 47(12), pp. 43-45.

Sellers C.J. & Nof S.Y. (1989). Performance analysis of robotic kitting systems. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 6(1), pp. 15-24.

Som, P., Wilhelm, W. E., Disney, R. L., 1994. Kitting process in a stochastic assembly system. *Queueing Systems* 17 (3-4), 471–490 .

Swaminathan, J., Nitsch, T., 2007. Managing product variety in automobile assembly: The importance of the sequencing point. *Interfaces* 37 (4), 324–333.